4° Phys. 215n

Mohl

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vermischte

Schriften botanischen Inhalts.

von

Hugo von Mohl,

Doctor der Philosophie, Medicin und Chirurgie, Ritter des Ordens der württemb. Krone, ordentl. Professor der Botanik an der Universität zu Tübingen, auswärtigem Mitgliede des Instituts der Niederlande, Mitgliede der kais. Leop. Carol. Academie der Naturforscher, Correspondenten des Instituts von Frankreich, der Academie der Wissenschaften zu München u. s. w.

Mit 13 lithographirten Tafeln.

Tübingen,

bei Ludwig Friedrich Fues.

1845.

125. D.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Seinem theuern Vater

Dr. Benjamin Ferdinand von Mohl,

Grosskreuz des Ordens der württemb. Krone, Ritter des Friedrichsordens, königlich württemberg. Staatsrathe, Consistorial-Präsidenten a. D., Mitgliede der Kammer der Standesherren

Aus kindlicher Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom

Verfasser.

Vorrede.

Indem der Verfasser durch den Wiederabdruck seiner zerstreuten, in der Form von Journalaufsätzen, Dissertationen u. s. w. erschienenen und einem grossen Theile des botanischen Publikums nur schwer oder auch gar nicht zugänglichen Abhandlungen einem von wohlwollenden Freunden mehrfach gegen ihn geäusserten Wunsche entspricht, so hat er über die bei dieser neuen Ausgabe befolgten Grundsätze einige Worte vorauszuschicken.

Die folgenden Aufsätze wurden im Laufe der letzten fünfzehen Jahre geschrieben; obgleich in dieser Zeit die Anatomie und Physiologie der Gewächse keine geringe Umwandlung erlitt, so hielt es der Verfasser doch für passender, die Mehrzahl dieser Abhandlungen in unverändertem Abdrucke mitzutheilen, als dieselben mit Rücksicht auf die neueren Erscheinungen auf dem Gebiete der physiologischen Botanik umzuarbeiten. Hiezu bewog ihn vorzugsweise die Rücksicht, dass durch eine solche Umarbeitung das Verhältniss, in welchem diese Aufsätze zur Entwicklung einzelner Theile der Botanik standen, verrückt worden wäre. Durch mehrere derselben wurden neue Thatsachen und Ansichten in die Wissenschaft eingeführt; eine Umarbeitung hätte vielleicht manche in denselben besprochene Punkte fester begründen und manchen Zusatz liefern können, sie hätte aber den Aufsätzen ihren ursprünglichen Character entzogen. Eine solche Umänderung lag nicht im Sinne des Verfassers, wie sie auch vom Leser schwerlich gebilligt worden wäre. Unter diesen Umständen erschien es zweckmässiger, auf abweichende Ansichten und auf Erweiterungen, die aus fremden oder eigenen Untersuchungen hervorgegangen waren, in Noten und Nachträgen aufmerksam zu machen, als dieselben in den Text aufzunehmen.

Von diesem Grundsatze, die ursprüngliche Fassung beizubehalten, gieng jedoch der Verfasser bei einigen Aufsätzen ab, indem in solchen Fällen, in welchen in Folge spä-

terer Untersuchungen bedeutendere Abweichungen nothwendig waren, die Rücksicht auf die historische Stellung der ursprünglichen Arbeit von viel zu untergeordnetem Gewichte erschien, als dass sie ihn von einer neuen Bearbeitung des Gegenstandes hätte abhalten können. In dieser Beziehung sind namentlich die Aufsätze über die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung und über die Entwicklung der Spaltöffnungen anzuführen, welche in durchaus neuer Gestalt erscheinen, geringere Umänderungen erlitten die Aufsätze über die Symmetrie der Pflanzen, über den Bau des Cycadeenstamms, über die winterliche Färbung der Blätter. Dass die Darstellung des Baues des Farn- und Palmenstammes in deutscher Uebersetzung erscheinen, wird wohl von den meisten Lesern nur gebilligt werden; einen Wiederabdruck der übrigen, sich nicht auf Stamm und Wurzel beziehenden Theile seiner Palmenanatomie hielt der Verf. für überflüssig, gerne hätte er dagegen Abdrücke der auf den Bau des Farn- und Palmenstammes sich beziehenden Tafeln beigegeben, allein schon das Format derselben machte dieses unmöglich.

Aus der vorliegenden Sammlung sind die seit zwei Jahren in der botanischen Zeitung erschienenen Aufsätze des Verfassers ausgeschlossen, theils aus Rücksicht auf den Verleger dieses Journals, theils aus dem Grunde, weil einige dieser Aufsätze Gegenstände behandeln, zu deren genauerer Erforschung noch eine längere Reihe von Beobachtungen gehört, wesshalb ein Wiederabdruck derselben im jetzigen Augenblicke als voreilig erscheinen würde. Sollte der Verfasser im Laufe der Zeit Gelegenheit und Musse zur Abfassung einer weiteren Reihe von Abhandlungen finden, so wird er der vorliegenden Sammlung eine zweite folgen lassen.

Tübingen, im Juni 1845.

Der Verfasser.

Inhalt.

		Seite
I.	Untersuchung der Frage: welche Autorität soll den Gattungsnamen der Pflanzen beigegeben werden?	1
II.	Ueber die Symmetrie der Pflanzen	12
III.	Beobachtungen über die Umwandlung von Antheren in Carpelle	28
IV.	Ueber die männlichen Blüthen der Coniferen	45
V.	Ueber die fibrosen Zellen der Antheren	62
VI.	Einige Bemerkungen über die Entwicklung und den Bau der Sporen der cryptogamischen Gewächse	67
VII.	Ueber die Entwicklung der Sporen von Anthoceros laevis	84
VIII.	Morphologische Betrachtungen über das Sporangium der mit Gefässen versehenen Cryptogamen	94
IX.	Ueber den Bau des Stammes der Baumfarne	108
X.	Ueber den Bau des Stammes von Isoëtes lacustris	122
XI.	Ueber den Bau des Palmenstammes	129
XII.	Untersuchungen über den Mittelstock von Tamus Elephantipes	186
XIII.	Ueber den Bau des Cycadeenstamms	195
XIV.	Untersuchungen über die Entwicklung des Korkes und der Borke auf der Rinde der baumartigen Dicotylen	221
XV.	Sind die Lenticellen als Wurzelknospen zu betrachten?	229
XVI.	Untersuchungen über die Lenticellen	233
XVII.	Ueber die Spaltöffnungen auf den Blättern der Proteaceen	245
XVIII.	Ueber die Entwicklung der Spaltöffnungen	252
XIX.	Ueber die Cuticula der Gewächse	260
XX.	Ueber den Bau der grossen getüpfelten Gefässe von Ephedra	268
XXI.	Einige Bemerkungen über den Bau der getüpfelten Gefässe	272
XXII.	Ueber den Bau der Ringgefässe	285
XXIII.	Anatomische Untersuchungen über die porösen Zellen von Sphagnum	294
XXIV.	Ueber den Bau der vegetabilischen Zellmembran	314
XXV.	Einige Beobachtungen über die blaue Färbung der vegetabilischen Zellmembran durch Jod	335
XXVI.	Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls	449

Seite
XXVII. Ueber die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung 562
XXVIII. Ueber die Reitzbarkeit der Blätter von Robinia 372
XXIX. Untersuchungen über die winterliche Färbung der Blätter 375
XXX. Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Alpenpflanzen 393
XXXI. Einige Bemerkungen über die Grössenbestimmung mikroskopischer Objecte 429

I.

Untersuchung der Frage:

Welche Autorität soll den Gattungsnamen der Pflanzen beigegeben werden?

(Dissertation vom Jahre 1836.)

Nominum dissensus, primus ad barbariem gradus

LIN.

Der Umstand, dass in den neueren Zeiten einige botanische Schriftsteller durch die Wahl der Autoritäten, welche sie den Gattungsnamen der Pflanzen beisetzten, zu erkennen gaben, dass die von ihnen befolgten Grundsätze durchaus abweichen von denjenigen, durch welche sich die überwiegende Mehrzahl der Botaniker leiten lässt, macht es nöthig, eine nähere Untersuchung dieses Punktes und der Gründe, welche für und wider die Wahl der einen oder andern Gattung von Autoritäten sprechen, anzustellen. Eine Verständigung über diesen Punkt ist wirkliches Bedürfniss, damit nicht von dieser Seite ein neues Uebel über die Nomenclatur der Pflanzen hereinbreche, welche schon durch die übermässige Menge der Synonyme hinreichend bedrückt ist.

Die Beantwortung der Frage, welche Autorität den Gattungsnamen beigegeben werden soll, hängt von der Lösung der Frage ab: *soll sich die Autorität auf den Namen oder auf den Character der Gattung beziehen?*

Betrachten wir zuerst, ehe wir darauf Rücksicht nehmen, in welchem Sinne bisher die Meister unserer Wissenschaft die Autoritäten anführten, die Vortheile und die Nachtheile, welche aus der Wahl der einen oder der andern Art von Autorität hervorgehen.

Nehmen wir an, es beziehe sich die Autorität auf den *Namen* der Gattungen, so haben wir bei jeder Gattung den frühesten Schriftsteller, bei welchem der jetzt zur Bezeichnung der Gattung dienende Name vorkommt, zu citiren, ohne alle Rücksicht darauf zu nehmen, in welcher Bedeutung dieser Name von dem angeführten Schriftsteller gebraucht wurde [1]), wir haben also, wie es von SPRENGEL in der von ihm veran-

1) Ich sagte, *ohne alle Rücksicht darauf zu nehmen, in welcher Bedeutung der Name vom angeführten Schriftsteller gebraucht wurde.* In diesem Sinne *scheinen* wenigstens SPRENGEL und die Verfasser der württembergischen Flora die Autoritäten im Durchschnitte angewendet zu haben, soviel aus der von ihnen getroffenen Wahl derselben erhellt, denn sicher lässt sich hierüber nichts bestimmen, da keiner der angeführten Schriftsteller die bei dieser Wahl befolgten Grundsätze erläuterte, welches doch höchst nöthig gewesen

stalteten Ausgabe der Genera plantarum geschehen ist, ebensowohl die Namen eines HIPPOCRATES, THEOPHRAST, PLINIUS, DIOSCORIDES etc., als die eines TOURNEFORT, LINNE und ihrer Nachfolger anzuführen, z. B. *Erythronium Dioscor.*, *Hieracium Dioscor.*, *Sesamum Theophr.*, *Rumex Plinius.*

Betrachten wir nur den Nutzen, welchen die Anführung der im angegebenen Sinne gewählten Autoritäten für die jetzige Botanik haben kann, so könnte man etwa folgende zwei Punkte hervorheben:

1) Die auf den Namen sich beziehende Autorität ist in philologischer Hinsicht von Interesse, weil man durch dieselbe bei griechischen und lateinischen Namen sogleich erfährt, ob der Name ein classischer ist, in der Sprache der Griechen und Römer Bürgerrecht hatte, oder ob er erst in späteren Zeiten, nachdem die classischen Sprachen aus dem Munde des Volkes verschwanden, aus griechischen oder lateinischen Wörtern zusammengesetzt worden ist;

2) kann man anführen, dass es die Pietät gegen die Verdienste der früheren Botaniker erfordere, dass

wäre, da ein ganz neuer Weg betreten werden sollte. Dass die angeführten Schriftsteller blos nach dem Namen ihre Autoritäten wählten, scheint daraus zu erhellen, dass sie die Namen von alten griechischen und römischen Schriftstellern nicht blos bei solchen Gattungen als Autorität anführten, in welchen gegenwärtig die Pflanzen stehen, welche von jenen Schriftstellern mit dem Namen der jetzigen Gattung bezeichnet wurden, sondern dass sie auch bei vielen Gattungsnamen einen alten Schriftsteller als Autorität beisetzten, welcher unter seinem Namen eine Pflanze verstand, die in der jetzigen, mit diesem Namen bezeichneten Gattung nicht enthalten ist. Beispiele hiefür finden sich in Menge in den angegebenen Werken, unter andern stehen in der württembergischen Flora folgende, denen ich unter den jetzigen Benennungen die Pflanzen beifüge, welche wahrscheinlicherweise von den als Autorität beigesetzten Schriftstellern unter ihren Namen verstanden wurden: *Orobus Theophr.* = Ervum Ervilia, *Cytisus Diosc.* = Medicago arborea, *Anthericum Theophr.* = Asphodelus, *Clematis Dioscor.* = Vinca, *Orobanche Diosc.* = Cuscuta, *Nardus Salomo* = Patrinia Jatamansi. In Uebereinstimmung mit der Wahl dieser Autoritäten stehen auch einige kurze in den angeführten Werken enthaltene Aeusserungen; SPRENGEL sagt nämlich in der Vorrede zum zweiten Bande seiner Genera Plantarum: »itaque primum nominum auctoritates certaque temporum momenta fixenda erant«; und SCHÜBLER und von MARTENS in der Vorrede zur Flora von Württemberg: »Eine weitere bedeutende Erleichterung für den Anfänger bezweckten wir dadurch, dass wir jedem Gattungsnamen nach SPRENGELS Vorgange den ältesten Schriftsteller und eine Erklärung beifügten, um das Alter des Namens anzudeuten, und dem Gedächtnisse durch Erinnerungen an bekannte Stellen der Classiker, so wie dadurch, dass sich mannigfaltige Nebenbegriffe an den Hauptbegriff knüpfen, zu Hülfe zu kommen.«

Durchaus im Widerspruch mit diesen Grundsätzen finden wir nun aber, dass sowohl SPRENGEL als die Verfasser der württ. Flora bei andern Gattungen, ungeachtet der Name schon bei einem früheren Autor vorkommt, dennoch einen spätern Schriftsteller citiren, z. B. bei SPRENGEL: *Cytisus Dioscor.*, *Thesium Lin.* ungeachtet diese Namen bei THEOPHRAST vorkommen, in der württ. Flora: *Daphne Lin.* *Circaea Matthiol.*, *Anthyllis Dodon.*, ungeachtet diese Namen bei DIOSCORIDES sich finden. Aus welchem Grunde nun in diesen und andern Fällen eine spätere Autorität einer früheren vorgezogen wurde, bin ich nicht im Stande, zu entziffern. Es ist freilich richtig, dass DIOSCORIDES diese Namen ganz andern Gewächsen beilegte, als wir, und dieses gab vielleicht Veranlassung dazu, dass statt seiner Autorität eine spätere gewählt wurde; da aber in den übrigen Fällen hierauf keine Rücksicht genommen wurde, so hätte es auch in diesen nicht geschehen sollen. Ob nun dieser Grund, oder andere Ursachen die Verfasser bewogen, von dem einmal betretenen Wege abzuweichen, lässt sich aus dem schon berührten Mangel einer Erläuterung der von ihnen befolgten Grundsätze nicht entscheiden; consequent ist das Verfahren in jedem Falle nicht.

man den Namen desjenigen, welcher sich zuerst eines Pflanzennamens bediente, als Autorität beibehalte, und demselben dadurch für immer die Anerkennung der späteren Botaniker sichere [1]).

Diese beiden Gründe scheinen auf den ersten Anblick etwas Wahres zu haben, sie sind jedoch nicht unerheblichen Einwendungen ausgesetzt.

Man könnte nämlich die Frage aufwerfen, ob es denn, wenn keine weiteren Gründe für die Anführung einer Autorität sprechen, überhaupt der Mühe werth sei, bei der jedesmahligen Angabe eines Pflanzennamen eine Autorität anzuführen, indem dadurch eine Weitläufigkeit in die Nomenclatur gebracht werde, ohne dass für die systematische Botanik irgend ein wesentlicher Nutzen daraus hervorgehe. Meiner Ansicht nach ist in der That der angegebene philologische Nutzen, sowie der Umstand, dass an das Verdienst eines früheren Botanikers durch den Namen erinnert werde, viel zu gering, um einen genügenden Grund zur Beifügung einer Autorität geben zu können, um so mehr da dieser Nutzen auf eine weit passendere und vollständigere Weise durch Uebersichten über die Pflanzennamen erreicht wird, wie sie in der Philosophia botanica von Linne gegeben sind, und wohl auch von Zeit zu Zeit in neuen Ausgaben dieses Werkes, oder in andern Schriften werden gegeben und vervollständigt werden. Da nun auf diese Weise bereits in einem in Aller Hände befindlichen Werke dieser Punct vollständig und übersichtlich abgehandelt ist, so ist kein Grund vorhanden, warum auch noch speciell bei jeder Anführung eines Namen in den systematischen Schriften die auf denselben sich beziehende historische Autorität wiederholt werden soll.

So lange jedoch die Anführung der auf den Namen sich beziehenden Autoritäten blos ein wissenschaftlicher, wenn auch überflüssiger Luxus wäre, so wäre es jedem zu überlassen, ob er in seinen Schriften von demselben Gebrauch machen will, oder nicht, indem es jedem freisteht, so viel oder so wenig in seine Schriften aufzunehmen, als ihm gut dünkt. Anders verhält sich dagegen die Sache, wenn eine nähere Betrachtung zeigen sollte, dass der Gebrauch dieser Autoritäten wirkliche Nachtheile für die Wissenschaft im Gefolge hat; in diesem Fall tritt die Verpflichtung ein, ein solches Verfahren zu rügen. Dass aber in der That bei Befolgung des von Sprengel eingeschlagenen Weges bedeutende Nachtheile eintreten müssen, wird aus der folgenden Darstellung erhellen.

Einmahl soll in jede, hauptsächlich aber in eine auf positiven Thatsachen beruhende, durchaus exacte Wissenschaft, wie die systematische Botanik ist, nichts aufgenommen werden, was nicht durchaus sicher und consequent ist, und eine bestimmte Bedeutung für die Wissenschaft hat. Gegen diese Regel verfehlt sich die Anführung der auf den Namen sich beziehenden Autoritäten aus mehreren Gründen.

Die systematische Botanik hat keinen andern Zweck als genaue Bestimmung der bekannten Pflanzen, Bezeichnung der Familien, Gattungen und Arten mittelst Namen, welche keine Verwechslung zulassen, und Zusammenstellung derselben in ein System. Nur wenn wir diesen Zweck beständig im Auge behalten, können wir über den Werth der zur Erreichung dieses Zwecks anwendbaren Mittel ein genaues Urtheil fällen, und eine Wahl zwischen zwei verwandten Mitteln treffen, von denen vielleicht das eine auf eine directe Weise

1) Vgl. Flora 1835. Tom. I. pag. 335.

den beabsichtigten Zweck erfüllt, während das andere ihn nur zum Theile erfüllt und zum Theile zu einer andern Abtheilung der Wissenschaft eine Beziehung hat. Das letztere Mittel, wenn seine Anwendung mit der Anwendung des erstern in Conflict treten sollte, muss alsdann in Beziehung auf die systematische Botanik unbedingt verworfen werden, wenn es auch in anderer Beziehung von Werth ist.

In Beziehung auf die Pflanzennamen ist es nun durchaus nothwendig, dass dieselben nur einer ganz bestimmten Art. Gattung oder Familie beigelegt werden, so dass für immer derselbe Begriff mit demselben Namen bezeichnet wird. So wie von irgend einem Botaniker für eine bestimmte Pflanze, oder für eine bestimmte Abtheilung des Pflanzenreiches ein gewisser Name aufgestellt wird, so tritt von nun an nur diese eine bestimmte Bedeutung für den Namen ein. Gebraucht nun später ein anderer Botaniker diesen Namen, so hat er zweierlei Rücksichten zu beachten.

1) Muss er den Namen grammaticalisch richtig gebrauchen, und hiebei kann er sich auf eine Autorität berufen, welche in Hinsicht auf die philologische Richtigkeit des Namen competent ist, wenn auch gleich der als Autorität angeführte Schriftsteller von der botanischen Bedeutung des Namen nichts weiss; diese Autorität könnte man die philologische Autorität nennen;

2) muss er die botanische Bedeutung des Namen kennen, und hiebei hat er sich in zweifelhaften Fällen auf den Schriftsteller, welcher diese Bedeutung feststellte, zu berufen (botanische Autorität).

Die erstere dieser Rücksichten ist offenbar für den Botaniker die untergeordnete, die zweite dagegen darf unter keinerlei Umständen vernachlässigt werden.

In der systematischen Botanik wurden von Tournefort, Linne u. a., nachdem sie Gattungen nach richtigen Grundsätzen gebildet hatten, theils die Namen, welche sie bei früheren Schriftstellern vorfanden, zur Bezeichnung dieser Gattungen angewendet, ohne dass dabei die frühere Bedeutung dieser Namen strenge berücksichtigt wurde [1]), theils wurden, wenn sich kein passender Name vorfand, neue Namen gebildet. Ihre Bedeutung für die jetzige Botanik erhielten daher alle diese Namen erst durch Tournefort, Linne und ihre Nachfolger; ihre frühere Bedeutung ist für die neuere Botanik vollkommen gleichgültig. Wenn nun ein neuerer Botaniker eine Gattung anführt, so drückt er mit dem Namen derselben aus, dass er genau dieselbe Gattung, wie sie von Linne oder einem andern aufgestellt wurde, meine, er gebraucht daher den Namen nur in der Bedeutung, wie ihn der neuere Begründer der Gattung gebrauchte, und damit hierüber kein Zweifel stattfinden könne, ist es hergebrachte Sitte, die Autorität des Urhebers der Gattung dem Namen beizufügen. Dem neuern Botaniker ist also der Begriff der Gattung die Hauptsache, der Name das Mittel, um sich über diesen Begriff mit Einem Worte zu verständigen, die Autorität das Mittel, um anzudeuten, dass er genau denselben Begriff mit dem Worte bezeichnet wissen will, wie ihn der angeführte Schriftsteller feststellte. Alle andern Bedeutungen, welche der angeführte Name etwa sonst noch hatte, oder hat, existiren in diesem Augenblicke für ihn nicht, und es ist auch für seinen Zweck ziemlich gleichgültig, ob der Name sprachrichtig, oder sprachwidrig gebildet ist, ob er z. B. *Dielytra* oder *Diclytra* heisst; es wäre im Gegentheile für ihn

1) Linne, crit. botan. §. 244.

und die andern nur verwirrend, wenn der Name ausser dem Begriffe, welchen er bezeichnen soll, beim Leser noch andere Nebenbegriffe hervorrufen würde.

Auf ähnliche Weise könnte ein Philologe verfahren; er könnte mit dem Worte *bellum* den Frieden bezeichnen [1]), wenn er entweder kein anderes Wort für diesen Begriff hätte, oder er die wahre Bedeutung desselben nicht kennen würde. Nimmt die Mitwelt und die Nachwelt das Wort in dieser Bedeutung an, so ist die Sache gut und keine Verwirrung möglich. Würde nun aber, nachdem einmahl diese Bedeutung des Wortes festgestellt wäre, ermittelt, dass das Wort eigentlich Krieg bedeute, und dass es in diesem Sinne schon von Cicero und andern römischen Schriftstellern gebraucht worden sei, so würde dennoch keine Verwirrung eintreten, so lange jeder, der das Wort bellum zur Bezeichnung des Friedens gebrauchen würde, durch Hinzufügung des Namen jenes Philologen, der das Wort zuerst auf diese Weise anwendete, anzeigen würde, dass er es in demselben Sinne anwende. Fügte man aber statt dieser Autorität die von Cicero bei, dann entstünde Begriffsverwirrung, jetzt wäre plötzlich eine historische und philologische Notiz beigefügt, die an und für sich richtig wäre, und die classische Abstammung des Wortes bezeichnen würde, es müsste aber nothwendig diese Autorität von Cicero von dem Begriffe des Friedens, der dem Worte einmahl untergeschoben wurde, ableiten, und Niemand würde wissen, was eigentlich mit dem Worte ausgedrückt werden soll. Die Berufung auf Cicero wäre daher eine überflüssige, ganz am unrechten Orte angebrachte Gelehrsamkeit.

Ganz auf dieselbe Weise verfahren aber diejenigen Botaniker, welche statt der botanischen Autoritäten philologische einführen wollen. Sie bedenken nicht, dass der systematische Botaniker einen Gattungsnamen nur desshalb gebraucht, um einen bestimmten, der neueren Botanik eigenthümlichen Begriff auszudrücken, und dass es ihm vollkommen gleichgültig sein kann, ob Cicero oder Plinius dieses Wort gekannt, ob sie diese oder jene Pflanze darunter verstanden haben. Es ist allerdings Gegenstand der Botanik, die Abstammung der Pflanzennamen zu erforschen und auszumitteln, welche Pflanzen von den Alten unter ihren Namen verstanden worden sind; es ist aber diese Ausmittlung der systematischen Botanik eben so fremd, als die Benennungen der Pflanzen in neueren Sprachen, die medicinische oder technische Anwendung der Pflanzen u. dgl. m. Vermengt man diese verschiedenen Theile derselben Wissenschaft, so kann nur Verwirrung daraus hervorgehen; setzt man aber gar, wie es jene Schriftsteller thun, den Ausdruck für den einen Begriff an die Stelle des Ausdruckes für einen andern Begriff, so macht man die Wissenschaft um ebensoviele bestimmte Begriffe ärmer, als man fremdartige Begriffe an die Stelle derselben hineinbringt. Dieses geschieht nun durch den Gebrauch der auf den Namen sich beziehenden Autoritäten. Der systematische Botaniker bezeichnet mit seinen Gattungsnamen einen bestimmten, erst im Verlaufe des letzten Jahrhunderts aufgestellten Begriff z. B. mit dem Namen *Quercus* ein ideales Bild, welches die gemeinschaftlichen Charactere aller bekannten Eichen umfasst. Was hat nun dieses Bild damit zu thun, dass Cicero eine bestimmte Eichenart kannte, und diese *Quercus* hiess?

1) Dieses Beispiel mag sehr absurd scheinen, absurder als das Verfahren, gegen welches der Aufsatz geschrieben ist, wird es wohl kaum sein.

Aus dem bisher Gesagten wird zur Genüge erhellen, dass die Anführung von Autoritäten, welche sich auf den Namen der Gattungen beziehen, auf unklarer Vorstellung von dem, was für den Botaniker durch Anführung einer Autorität bezweckt werden soll, beruht, dass sie für unsere jetzige systematische Botanik durchaus bedeutungslos und daher unwissenschaftlich ist.

Der Versuch der Verfasser der württembergischen Flora, den Gebrauch der auf den Namen sich beziehenden Autoritäten durch die Worte zu rechtfertigen: „Die Einwendung, dass die Alten nur Arten, nicht Gattungen kannten, erkennen wir nicht an; sie kannten diese ganze Eintheilung nicht, und ihre Namen bezeichnen daher nach unsern jetzigen Begriffen bald eine Gattung, wie Rosa, Rubus, Trifolium, bald eine Art, wie Ilex, Pyrus, Malus" geht gar nicht auf das Wesen der Sache ein. Was die jetzigen Gattungsnamen sonst bedeuteten, ist ganz gleichgültig; die Alten hatten unsere Gattungen nicht, desshalb können wir sie nicht als Autoritäten für dieselben anführen.

Ein weiterer Grund gegen die Zulässigkeit der auf den Namen sich beziehenden Autoritäten ist ihre *Unsicherheit*. In der Nomenclatur der Pflanzen darf man kein Haar breit von der strengsten Consequenz und Genauigkeit abweichen, wenn nicht Verwirrung entstehen soll; die Autoritäten der Familien- und Arten-Namen können vollkommen genau angegeben werden, da die Urheber derselben sämmtlich der neueren Zeit angehören, ebenso können Autoritäten, welche sich auf den Gattungscharacter beziehen, immer mit vollständiger Sicherheit angegeben werden, anders verhält es sich dagegen mit den aus dem Alterthume oder dem Mittelalter sich herschreibenden Namen, wenn sich die Autorität auf den Schriftsteller, welcher sie zuerst in die literarische Welt einführte, beziehen soll. Dieses ist mit Sicherheit nicht auszuführen, indem nur ein Theil der botanischen Schriften des Alterthumes auf uns gekommen ist. Die Anführung eines *Theophrast*, *Plinius*, *Dioscorides* u. s. w. entbehrt daher aller Gewissheit, da wir die Schriften, aus denen sie schöpften, zum Theile nicht kennen; wären zufälligerweise die Schriften von Plinius verloren gegangen und die eines anderen naturhistorischen Autors auf uns gekommen, so würde mit demselben Rechte dessen Namen als Autorität angeführt werden. Ein solches Verfahren, den nächsten besten alten Schriftsteller ohne allen weiteren Grund, als weil wir von den übrigen nichts wissen, bei den Gattungsnamen zu citiren, während bei den Familien- und Species-Namen durchaus verschiedene Grundsätze befolgt werden, streitet gegen alle Consequenz und bringt auf eine unnöthige und zwecklose Weise in die sonst durchaus geordnete, auf festen Principien beruhende Lehre von der Nomenclatur, Unsicherheit und Verwirrung. Ist schon bei den griechischen und lateinischen Namen die Unsicherheit gross, so wird sie vollends unentwirrbar, wenn wir die gleichen Grundsätze auch auf die aus andern Sprachen stammenden Namen anwenden wollten. Ebensogut als Salomo die Ehre erhielt, als botanische Autorität zu figuriren, verdienen es auch die Schriftsteller, welche deutsch, spanisch, russisch, arabisch, sanscrit u. s. w. geschrieben und einen in die Botanik übergegangenen Namen gebraucht haben; es möchte aber schwer nachzuweisen sein, welche Schriftsteller als Autoritäten citirt werden sollen bei Namen wie: *Morchella, Bovista, Scorzonera, Cracca, Abutilon, Alcanna, Kali, Ceterach, Alkekengi, Azedarach, Turpetum, Tatula* etc. Jedenfalls würden solche Autoritäten immerwährenden Schwankungen unterworfen sein, indem die Entdeckung eines älteren, unbekannten Schriftstellers, oder das

Studium fremder, der Botanik nicht angehörender Schriften beständige Veranlassung zum Wechsel der Autoritäten geben müsste.

Man versuchte von Seiten der Pietät gegen die Verdienste der Vorfahren die Anführung des Schriftstellers, welcher zuerst einen Namen gebraucht, zu rechtfertigen. Die Anführung desselben scheint mir aber im Gegentheile eher geeignet, wirkliche Verdienste eines Botanikers in den Schatten zu stellen und in Vergessenheit zu bringen und die Anerkennung derselben einem andern zuzuwenden, welcher sich vielleicht geringere oder auch gar keine Verdienste um die systematische Botanik erworben hat. Von den alten Schriftstellern, einem Salomo u. dgl. kann hier keine Rede sein, denn diese hatten beim Gebrauche ihrer Namen überhaupt kein Verdienst, insoferne sie dieselben dem Munde des Volkes entnahmen; anders verhält es sich bei den Botanikern unserer Zeit, welchen die Bildung guter Namen allerdings als Verdienst anzurechnen ist. Dieses Verdienst ist aber jedenfalls ein untergeordnetes. Es kann ferner gar leicht von einem neueren Botaniker einer von ihm aufgestellten, herzlich schlecht gebildeten Gattung ein guter Name beigelegt worden sein; wenn nun ein späterer Botaniker diese Gattung mit Beibehaltung ihres früheren Namen auf eine zweckmässige Weise umändert, oder diese Gattung ganz aufhebt und ihren Namen einer andern gut gebildeten Gattung beilegt, so hat er sich um die systematische Botanik ein wahres Verdienst erworben, ist aber in Gefahr, die Anerkennung davon zu verlieren, wenn man nicht seinen Namen, sondern den Namen des Begründers der fehlerhaften Gattung als Autorität beigiebt. In diesem Falle würde also durch die Beibehaltung der ursprünglichen Autorität nicht die Pflicht der Dankbarkeit und Pietät erfüllt, sondern ein Act der Ungerechtigkeit ausgeübt.

Schon die im Bisherigen angeführten Gründe würden genügen, um nachzuweisen, dass die Anführung von Autoritäten, die sich auf den Gattungsnamen beziehen, ein unnöthiges, beim jetzigen Zustande der Botanik unwissenschaftliches Verfahren ist. Noch unglücklicher erscheint aber das Unternehmen, diese Autoritäten an die Stelle der auf den Character sich beziehenden zu setzen, wenn wir die wichtigen Zwecke bedenken, welche durch die letzteren erreicht werden.

Wären die Gattungen von Tournefort, Linne und den neueren Botanikern sogleich auf eine so genaue und strenge Weise gebildet worden, dass später nie mehr eine Veränderung mit ihnen vorgenommen worden wäre, und auch künftighin dieselben unverändert bleiben müssten, so wäre eine auf ihren Charakter sich beziehende Autorität allerdings nicht nothwendig, indem sie in diesem Falle nichts, als eine historische, das Wesen der Gattung selbst nicht betreffende Notiz wäre. Da nun aber aus allgemeinbekannten Gründen, welche näher auseinanderzusetzen hier der Ort nicht ist, ein grosser Theil der Pflanzengattungen bereits vielfach geändert wurde, und solche Aenderungen auch künftighin bevorstehen, *so wird der Zusatz einer Autorität, die sich auf den Gattungscharakter bezieht, unerlässlich,* indem mit der Aenderung des Gattungscharakters meistens nicht auch der Name der Gattung geändert wird, und man daher eines Mittels bedarf, um die verschiedenen, mit demselben Namen bezeichneten Gattungen von einander unterscheiden zu können. Dazu bietet der als Autorität beigesetzte Name ihres Begründers das einfachste und sicherste Mittel dar. Mag nun eine frühere Gattung in mehrere Gattungen getheilt werden, von denen die eine den Namen der früheren

Gattung beibehält, die andere einen neuen Namen erhält, z. B. ***Robinia L.***, ***Polypodium L.***, oder mögen zwei frühere Gattungen in eine einzige zusammengezogen werden, wie ***Fagus L.*** aus ***Fagus*** Tournef. und ***Castanea*** Tournef. besteht, oder mögen zwei oder mehrere verschiedene Gattungen mit demselben Namen von verschiedenen Botanikern bezeichnet werden, wie z. B. zweierlei Gattungen ***Bonplandia, Sturmia, Balbisia***, dreierlei ***Persoonia, Ventenatia, Schrebera***, viererlei ***Brotera*** etc. aufgestellt wurden, so muss in allen Fällen jeder der veränderten, oder mit einem älteren Namen versehenen neuen Gattung der Name ihres Begründers als Autorität mitgegeben werden; alsdann kann kein Zweifel beim Gebrauch eines Gattungsnamen darüber entstehen, in welchem Sinne derjenige, welcher den Gattungsnamen anführt, denselben verstanden wissen will. Ebenso muss, wenn aus einer im sonstigen unverändert bleibenden Gattung eine Anzahl von abweichenden Arten ausgeschieden wird, durch den der Autorität angehängten Zusatz: ex parte oder dergl. angezeigt werden, dass man zwar den Character, aber nicht den Umfang der Gattung, wie sie vom citirten Schriftsteller aufgeführt wurde, anerkenne; ferner, wenn man den Umfang einer Gattung beibehält, den Character derselben aber wegen Aufstellung verwandter Gattungen oder aus andern Gründen umändert, so muss zwar die ursprüngliche Autorität beibehalten, allein angezeigt werden, dass der Character der Gattung verbessert worden sei. In allen diesen Fällen wird erst durch die Autorität genau bestimmt, welche Gattung unter dem Namen verstanden sei; die Autorität ersetzt gleichsam die Anführung des Gattungscharacters, nur wenn sie beigesetzt ist, kann der Name seine Bestimmung, eine Definition zu ersetzen (nomina idem praestant, ac integra definitio. Linn. crit. bot. p. 138), erfüllen.

Sehen wir endlich in den botanischen Schriften nach, wie es die Männer, deren Verfahren als Richtschnur dienen kann, mit der Anführung von Autoritäten gehalten haben, so erhellt auf den ersten Blick, dass sie dieselben nur in Beziehung auf den Gattungscharacter gebrauchten.

Tournefort citirte nur bei den Arten, aber nicht bei dem Gattungsnamen eine Autorität; er konnte auch keine auf den Character der Gattung sich beziehende Autorität anführen, da er der erste war, welcher Gattungen im jetzigen Sinne des Worts aufstellte. Eben dadurch aber, dass er bei seinen Gattungen keine Autorität citirte, zeigte er, dass er Autoritäten, welche sich blos auf den Namen beziehen, nicht anerkenne.

Anders verhielt es sich bereits bei Linne. Bei Ausarbeitung seiner Genera plantarum fand er bereits von verschiedenen Schriftstellern gebildete Gattungen vor, welche er aber zum Theile nicht in ihrer ursprünglichen Umgrenzung anerkannte. Somit trat für ihn das Bedürfniss einer Synonymie der Gattungen, und damit der Citate von Autoren ein, eine Synonymie, von der man früher keinen Begriff hatte [1]). Aus seinen *Genera plantarum* ersehen wir, dass Linne die Autorität beständig auf den Gattungscharacter bezog; es scheint, er habe dieses für eine so natürliche Sache gehalten, dass er (so viel mir wenigstens bekannt ist), es nicht einmahl für nöthig hielt, hierüber bestimmte Regeln aufzustellen. Uebrigens citirte Linne, wie auch noch viele späteren Schriftsteller, z. B. Jussieu, Jos. Gärtner immer nur die Synonymie von ganzen Gattungen, gleichsam als von untrennbaren Ganzen, nach Art der Speciessynonyme, woraus erhellt, dass er sich die ganze Ausdehnung, deren die Synonymie der Gattungen fähig ist, noch nicht vollkommen klar gemacht habe.

1) Generum synonyma allegare vix more receptum fuit ab ullo, in posterum erit. Crit. bot. §. 318.

Das Verdienst, in die Synonymie der Gattungen nicht nur ganze Gattungen, sondern auch einzelne Abtheilungen der Gattungen anderer Schriftsteller aufzunehmen, gebührt einer späteren Zeit; theilweise wurde diese Methode bereits von HALLER angewendet, ihre allgemeinere Aufnahme verdankt sie aber wohl am meisten der Anwendung, welche ROB. BROWN und DECANDOLLE [1]) von ihr machten.

Es wäre in der That schwer zu erklären, wie es möglich gewesen ist, die Sitte Autoritäten, die sich auf den Gattungscharacter beziehen, zu citiren (ein Gebrauch welcher mit möglichster Kürze und Deutlichkeit alle wünschbare Genauigkeit verbindet,) zu verlassen, wenn es nicht gerade SPRENGEL gewesen wäre, welcher einen abweichenden Weg einzuschlagen versuchte, ein Gelehrter, in welchem sich die Kenntnisse eines in den Sprachen des Alterthumes wie der neueren Zeit gründlich erfahrenen Philologen mit denen des Botanikers vereinigten, bei welchem es also denkbar ist, wie er über philologischen Rücksichten die botanischen ausser Augen verlieren konnte, wenn es auch unerwartet war, dass ein Bearbeiter von LINNE's Philosophia botanica vom wohlgebahnten Wege abweichen konnte.

Nachschrift.

Ueber die im voranstehenden Aufsatze vertheidigte Ansicht sind mir von verschiedenen Seiten her beifällige Aeusserungen zugekommen, wie das auch kaum anders sein konnte, da die in demselben aufgestellten Grundsätze nicht ein ganz neues, dem bisherigen Gebrauche entgegengesetztes, in Beziehung auf seine Ausführbarkeit zweifelhaftes Verfahren in die Wissenschaft einführen sollten, sondern der Zweck des Ganzen der war, für ein von einzelnen Botanikern bereits practisch ausgeübtes Verfahren die Gründe bestimmter, als es bisher geschehen war, zu entwickeln und vor weiterer Verfolgung des von SPRENGEL eingeschlagenen Irrweges zu warnen. Es fehlte dagegen auch nicht an Widerspruch gegen die im Vorhergehenden ausgesprochenen Grundsätze, namentlich waren sie von Seiten REICHENBACH'S [2]) einem mit Humor geschriebenen, aber wie mich wenigstens bedünken will, nicht durch schlagende Gründe unterstützten Angriffe ausgesetzt. Man erlaube mir eine kurze Entgegnung auf diese Einwürfe. REICHENBACH giebt unbedingt zu, dass die Autoritäten, welche auf die Zeit vor TOURNEFORT und LINNE zurückgehen, völlig zu verwerfen seien, indem die früheren Botaniker noch keinen wissenschaftlichen Begriff von Gattung hatten, er verwirft also mit mir die auf den *blossen Namen* sich beziehende Autorität. Die Forderung dagegen, dass sich die Autorität auf den *Character* der Gattung beziehen soll und dass desshalb, wenn eine Gattung mit Beibehaltung ihres Namens geändert werde, auch die Autorität sich ändern müsse, verwirft REICHENBACH ebenfalls und zwar aus zwei Gründen; einmahl ist er der Ansicht, dass diese Forderung zur Unmöglichkeit führe, indem so oft eine Species aus einer Gattung entfernt und zu einem eigenen Genus erhoben werde, auch der Gattungscharacter sich ändere und damit ebenso oft eine Aenderung der Autorität nöthig werde, was practisch ganz unausführbar sei, anderntheils stellt er den Satz auf, dass derjenige Botaniker z. B. LINNE, welcher einen Namen zuerst

1) vrgl DECANDOLLE, théor. élém. edit. 2. §. 237.
2) Handbuch d. natürl. Pflanzensyst. 1837. p. 71—81.

(in seiner Weise) auf wissenschaftliche Weise auf ein Genus angewendet habe, autor generis sei und in dankbarer Anerkennung des Verdienstes, diese Gattung begründet zu haben, auch für immer als Autor derselben citirt werden müsse, so lange auch nur eine Species der Gattung verbleibe. Nur dieses Verfahren führe zur wahren, exacten Wissenschaftlichkeit, denn wir hätten uns nicht an etwas von Menschen unbewusst Erfundenes, nicht an eine subjective Anschauung in Büchern, sondern an ein Object, an eine von der Natur gegebene Pflanze zu halten.

Was den ersten dieser Gründe anbetrifft, so ist allerdings zuzugeben, dass die durch Trennung der Gattungen veranlassten Aenderungen der Autoritäten mannigfach lästig sind, allein wenn überwiegende Gründe für diese Aenderungen sprechen, so müssen wir uns die Sache, als eine durch die Entwicklung der Wissenschaft nothwendig gebotene, eben gefallen lassen. Es ist aber in der That dieser Uebelstand lange nicht so schlimm, als Reichenbach ihn darstellt und man wird auch künftighin, wie bisher, ohne die von ihm verlangten Gattungscalculatoren auskommen können, denn eine Aenderung des Gattungscharacters ist nicht immer die nothwendige Folge davon, dass eine Pflanze, welche in eine Gattung gesetzt war, in welche sie nicht passte, wieder aus dieser Gattung entfernt und einer andern beigezählt oder zu einer besondern Gattung erhoben wird; es ist z. B. der Gattungscharacter von ***Hieracium*** ungeändert geblieben, ungeachtet manche Arten zu ***Crepis*** gezogen, und ***Hieracium stipitatum*** zur Gattung ***Willemetia*** erhoben wurde; hat sich etwa der Character von ***Rumex*** und von ***Rheum*** geändert, weil ***Oxyria*** zu diesen beiden Gattungen gestellt und wieder aus ihnen entfernt wurde? Selbst dann, wenn solche Trennungen nicht ohne eine kleinere Aenderung oder eine schärfere Bestimmung des Characters der ursprünglichen Gattung vorgenommen werden können, ist eine Aenderung der Autorität noch in vielen Fällen unnöthig, indem ein kleiner Zusatz, z. B. ex emendatione N. N. u. s. w. vollkommen hinreicht, um allen Anforderungen Genüge zu thun. Wenn dagegen die ursprüngliche Gattung in Folge einer unvollkommenen Kenntniss von der Organisation der in ihr vereinigten Pflanzen auf eine Weise gebildet wurde, welche später eine wesentliche Aenderung derselben nothwendig macht, wie dieses z. B. bei den ***Asclepiadeen,*** den ***Orchideen*** eintrat, dann ist, wenn nicht unausbleibliche Verwirrung eintreten soll, eine Aenderung der Autorität nöthig. Solche Aenderungen kommen aber auch nicht alle Tage vor, sie sind meist Folge von monographischen Bearbeitungen einer Familie, welche häufig so viel Neues und fortan zu Beachtendes zu Tage fördern, dass die Aenderung der Autorität einiger Gattungsnamen einen sehr kleinen Bruchtheil des in der Wissenschaft in Folge einer solchen Arbeit sich Aendernden bildet.

Der zweite von Reichenbach angeführte Grund ist nach meiner Ansicht ein vollkommen irriger. Die Gattung bezieht sich nicht auf Eine Pflanze; sie darf zwar allerdings nicht etwas „unbewusst Erfundenes" sein, aber sie ist nichts objectiv in der Natur Gegebenes, sondern ein idealer Begriff, in welchem die gemeinschaftlichen Charactere mehrerer Pflanzen zusammengefasst werden. Dieser Begriff ist in mancher Beziehung ein künstlicher und willkührlicher; je nach dem Stande der Wissenschaft verlangte man von den in eine Gattung zusammengestellten Pflanzen eine geringere oder grössere Uebereinstimmung in ihrer Organisation. Eine grosse Zahl der Gattungen, wie wir sie jetzt haben, ist nicht in Beziehung auf die Artenzahl, aber wohl in Beziehung auf die Verschiedenheit der Organisation der zu ihnen gerechneten Pflanzen von weit engeren

Grenzen umschlossen, als die Linneischen Gattungen, welche denselben Namen tragen, sie sind also in Beziehung auf ihren wissenschaftlichen Gehalt wesentlich andere Gattungen, denen ebenso gut ganz andere Namen hätten gegeben werden können. Will man von einer auf diese Weise in neuerer Zeit enger begrenzten Gattung irgend etwas, was ihre Organisation, ihre geographische Verbreitung und ähnliche Verhältnisse betrifft, aussagen, so muss man doch das Mittel haben, dieselbe bezeichnen zu können. Der Name allein, z. B. *Orchis, Asclepias* reicht dazu nicht hin, denn wer kann beim Gebrauche eines solchen Namens wissen, ob der Schriftsteller unter demselben die Pflanzengruppe, welche Linne mit diesem Namen bezeichnete, oder die weit enger begrenzte, wie sie Rob. Brown unter diesem Namen versteht, verstanden haben will? Ein solcher ohne nähere Bezeichnung gebrauchter Name ist daher in vielen Fällen ungenau und kann leicht zu Irrthümern aller Art Veranlassung geben. Noch schlimmer wird aber die Sache, wenn man Reichenbach's Rath befolgt und die Autorität des Urhebers beisetzt, denn nun müssen die Leser glauben, dass man diese bestimmte Autorität nicht blos als überflüssige historische Notiz beifügte, sondern dass sie etwas bedeuten soll, dass der Schriftsteller, welcher den Autor citirt, damit andeuten will, dass er die Gattung auch in dem Sinne, in welchem sie der Autor aufstellte, verstanden wissen will, während derselbe sie vielleicht in dem Sinne Rob. Brown's genommen hatte; in diesem Falle ist man aber mit einer solchen Citation eines Autors nicht blos ungenau, sondern man sagt etwas positiv Falsches aus. Allen diesen Uebelständen entgeht man ganz einfach, wenn man den Autor citirt, welcher die Gattung in dem Sinne, in welchem man sie verstanden wissen will, aufstellte. Wenn man bei einer Species einen Autor citirt, so drückt man mit dieser Autorität aus, dass man genau dieselbe Art, wie sie jener Autor unter diesem Namen verstand, im Sinne habe, welcher Grund liegt nun vor, bei den Gattungsnamen die Autorität in einem ganz andern Sinne zu citiren, mit derselben nicht anzudeuten, dass man die Gattung gerade so, wie sie der citirte Autor gebildet hat, verstehe, sondern nach Reichenbach's Vorschrift daran zu erinnern, dass der citirte Autor überhaupt eine Gattung unter diesem Namen gründete? Welcher Art die „wahre, exacte Wissenschaftlichkeit" ist, zu welcher dieses Verfahren führen müsste und ob ich zu starke Ausdrücke gewählt, wenn ich dasselbe *bedeutungslos* und *unwissenschaftlich* nannte, darüber wird wohl bei näherer Ueberlegung wenig Streit sein.

II.

Ueber die Symmetrie der Pflanzen.

(Umarbeitung einer im Jahre 1836 erschienenen Dissertation.)

Die Bildungsthätigkeit der organischen Körper äussert sich in bestimmten einander entgegengesetzten Richtungen, wass sich in der äussern Gestaltung der organischen Körper ausspricht, indem an ihnen ein Gegensatz der einander gegenüberliegenden Theile sichtbar ist. Der einfachste Fall ist der, in welchem die Bildungsthätigkeit nur nach zwei entgegengesetzten Richtungen einen Gegensatz bildet, nach allen andern Richtungen hin dagegen gleichförmig wirkt; hiedurch wird im organischen Körper ein Gegensatz von Oben und Unten bewirkt (nämlich, wenn man sich denselben in senkrechter Richtung denkt, bei horizontaler Lage muss man diesen Gegensatz mit Vorn und Hinten bezeichnen), es ist aber keine hintere und vordere Seite, keine rechte und linke Hälfte zu unterscheiden; diese Bildungsweise kann man mit E. Meyer (Linnaea T. VII. p. 419) die concentrische nennen. Wenn dagegen die Bildungsthätigkeit des organischen Körpers nicht nur an den beiden Enden der Längenachse einen organischen Gegensatz hervorruft, sondern wenn sich auch in einer mit der erstern sich rechtwinklig kreuzenden Richtung ein zweiter Gegensatz ausspricht, so entsteht eine vordere und hintere, von einander verschiedene Seite, und eben damit eine rechte und linke einander genau entsprechende Hälfte, wesshalb diese Bildungen mit dem Ausdrucke der symmetrischen bezeichnet werden [1]). Endlich kann auch noch die rechte und die linke Hälfte einen organischen Gegensatz bilden, wodurch jene Symmetrie wieder mehr oder weniger aufgehoben wird; eine Bildung, welche Meyer die diaphorische nennt.

Dass alle diese drei Bildungen im Thierreiche vorkommen, ist bekannt. Weniger untersucht sind dagegen diese Verhältnisse im Pflanzenreiche, von dem man im Allgemeinen annimmt, dass in ihm durchaus die concentrische Bildung herrschend sei, dass es an der Pflanze nur ein Oben und Unten, aber kein Vorn und Hinten, kein Rechts und Links gebe, dass man dieselbe um ihre Achse drehen dürfe, wie man wolle,

1) Sehr häufig fassen die Botaniker z. B. Link die concentrischen und die symmetrischen Gebilde unter dem Namen der symmetrischen zusammen, indem sie die Definition aufstellen, es seien symmetrische Körper solche, welche durch einen Schnitt in zwei gleiche Hälften getheilt werden können. Es ist leicht einzusehen, dass auf diese Weise zweierlei wesentlich verschiedene Bildungen nicht unterschieden werden; bei der symmetrischen (in dem von mir angenommenen Sinne) ist eine Theilung in zwei gleiche Hälften nur durch einen einzigen Schnitt möglich, bei der concentrischen dagegen durch viele.

ohne dass man verschiedene Seiten an ihr erkennen könne; nur in einigen wenigen isolirten Fällen und bei einzelnen Organen erkannte man bei der Pflanze eine symmetrische Bildung als Ausnahme von der Regel an.

Diese Ansicht ist, wenn man, wie dieses gewöhnlich geschieht, den Stamm der höhern Gewächse im Auge hat, im Allgemeinen richtig, allein eine nähere Betrachtung wird zeigen, dass dennoch eine Menge von Formen und Eigenthümlichkeiten des Wachsthumes im Pflanzenreiche vorkommen, welche mit jener Annahme einer concentrischen Bildung unverträglich sind und welche beweisen, dass wenn die concentrische Bildung auch in den Achsen und Blüthen die vorherrschende ist, sie dennoch nicht allein in der Pflanze ausgesprochen ist, sondern dass die meisten Organe der Pflanzen eine mehr oder weniger deutliche Hinneigung zur symmetrischen Bildung besitzen.

Der Grund, warum dieses beinahe allgemein übersehen wurde, liegt wohl darin, dass man, wenn vom Baue und dem Wachsthum der Pflanze die Rede ist, beinahe immer nur die Pflanzen der höheren Ordnungen ins Auge fasst, während eine richtige Ansicht über die Pflanzen, bei welchen Stengel und Blatt getrennt sind, nur durch eine Vergleichung derselben mit der Bildung des Thallus der niedern Pflanzen erlangt werden kann.

Betrachten wir die Familie der Algen und Schwämme, so sehen wir, wie sich die Form derselben, wenn sie sich über die Gestalt der kuglichen Zelle erhebt, zunächst in die Gestalt des Fadens übergeht, indem entweder die einzelne Zelle, welche die ganze Pflanze darstellt, sich verlängert, oder mehrere Zellen sich in linearer Reihe übereinander stellen; hiemit ist ein oberes und unteres Ende gegeben. Wenn gleich in manchen Fällen, z. B. bei den Oscillatorien, diese beiden Enden noch vollkommen gleich sind, somit noch kein Grund zur Unterscheidung des oberen und unteren gegeben ist, so tritt doch in den meisten hierher gehörigen Fällen dieser Unterschied deutlich hervor, indem die beiden Enden der Pflanze in Beziehung auf Form und physiologische Eigenthümlichkeiten eine bedeutende Verschiedenheit zeigen, das eine Ende die Bestimmung hat, die Pflanze zu befestigen und ein geringes Wachsthum nach unten zeigt, während das andere Ende in entgegengesetzter Richtung wächst und sich zu dem Theil der Pflanze, welcher der Ernährung und Fructification vorsteht, entwickelt z. B. bei den meisten Conferven. Die Richtung dieser fadigen Gebilde hat in den meisten Fällen (wenigstens was den vegetativen Theil der Pflanze betrifft) noch keine bestimmte Beziehung zur senkrechten Linie, indem sie sich meist nach der Lage und Form der Unterlage richtet, oder die Pflanzen im Wasser flottiren. Eine rechte und linke Seite ist bei diesen einfachen Fäden noch nicht zu erkennen, es zeigt sich jedoch an ihren einzelnen Zellen ein Umstand, welcher hier vielleicht anzuführen ist, indem er auf einen Gegensatz zwischen den einander entgegenliegenden Seiten derselben hinzuweisen scheint. Es ist nämlich eine häufige Erscheinung, dass die Zellen beim Vertrocknen platt werden und zwei scharfe Seitenkanten bekommen. Auf die Bildung der ganzen Pflanze hat dieses Verhältniss keinen Einfluss, indem die Zellen im frischen Zustande cylindrisch sind und in den aufeinanderfolgenden Schläuchen die Richtung der diese Seitenkanten verbindenden Fläche sich rechtwinklig kreuzt. Dieses Verhältniss scheint überhaupt ein für alle Pflanzenzellen allgemeines zu sein, indem auch bei den höheren Pflanzen in den Haaren, welche aus einfachen Zellenreihen bestehen, dieselbe Veränderung der Form beim Vertrocknen eintritt. Es ist diese Anwesenheit von zwei, einander entgegengesetzten, wenn auch nicht sichtbaren Längelinien in der Pflanzenzelle um so

wichtiger, da auch in der Erscheinung des kreisenden Saftes in der Zelle zwei solcher Linien (welche bei *Chara* in gewundener Richtung verlaufen und dadurch sichtbar werden, dass auf der innern Zellenfläche längs dieser Linien keine grünen Körner liegen) sich zeigen, deren Einfluss auf die Bewegung des Saftes sich darin ausspricht, dass die Fläche, welche diese Linien verbindet, die Grenze zwischen dem aufsteigenden und absteigenden Saftstrome bildet, wovon Manche irriger Weise den Grund in der Anwesenheit einer wirklichen Scheidewand suchten, welche nicht vorhanden ist.

Von der Form dieser einfachen, fadenförmigen Gewächse findet ein doppelter Uebergang zu den zusammengesezteren Formen statt.

Auf der einen Seite kann, wenn die Pflanze aus einer einzigen Zelle gebildet ist, diese Zelle durch mehr oder weniger regelmässige Verästelung dem Gewächse wenigstens in Beziehung auf den äussern Habitus die Gestalt einer zusammengesetzteren Pflanze ertheilen. Hier treten uns die ersten Spuren einer symmetrischen Bildung entgegen, indem bei manchen hierher gehörigen Pflanzen die Verästelungen mit geringerer oder grösserer Regelmässigkeit nach zwei Seiten hin liegen, wovon ***Bryopsis plumosa*** ein schönes Beispiel darbietet. Auf der andern Seite tritt eine Mehrzahl von Fäden in mehr oder weniger genaue Verbindung, um ein gemeinschaftliches Gewächs zu bilden. Man hat häufig und zwar mit Unrecht versucht, die höheren Pflanzen aus solchen Verbindungen niederer, fadenförmiger Gewächse abzuleiten, bei der Betrachtung des Thallus vieler Pilze und Algen möchte jedoch diese Vorstellung kaum abzuweisen sein. Der flockige Thallus der meisten Pilze, der flockige Hypothallus einer Flechte ist wohl in den meisten Fällen aus einer zufälligen Verbindung vieler, neben einander keimender und wachsender, faserförmiger Keimpflänzchen hervorgegangen und man kann bei ihm nicht bestimmen, in wie weit man die einzelnen Fäden oder die ganze Masse derselben als Individuen betrachten soll. Häufig treten sie erst bei weiterer Entwicklung zu engerer Verbindung zusammen, theils um wie bei den Pilzen eine gemeinschaftliche Fructification zu treiben, theils um wie bei den Flechten zur Bildung der schon eine ziemlich verwickelte Organisation zeigenden Vegetationsorgane zusammen zu wirken. Tritt eine reichliche Intercellularsubstanz zu den Fäden, welche dieselben zu einem zusammenhängenden, scharf umschriebenen Gebilde vereinigt, wie dieses in niederem Grade bei ***Rivularia,*** in höherem bei ***Chaetophora, Hydrurus, Nostoc*** der Fall ist, so tritt mit der bestimmten Begrenzung, welche die Gesammtmasse erhält, auch eine bestimmtere Individualität der ganzen zusammenhängenden Masse der Fäden hervor. Wie bei den einfachen, fadenförmigen Gebilden die Individualität zwischen der einzelnen Zelle und dem ganzen Faden schwankt, insoferne die einzelne Zelle in vielfacher Beziehung ein selbstständiges Leben führt, sich selbst ernährt, unabhängig von den benachbarten fructificirt und doch das Ganze wieder einem gemeinschaftlichen Bildungsgesetze gehorcht, das eine Ende sich als Wurzel festsetzt und das andere in entgegengesetzter Richtung wächst, so gehorchen die untereinander verbundenen Fäden eines ***Nostoc*** u. s. w. in ihrer Vegetation wieder einem das Ganze beherrschenden Gesetze und stellen einen Thallus von bestimmter Form dar.

Wenn beim Confervenfaden die Richtung in die Länge vorherrscht, in Folge hievon bei den meisten Formen nur ein Wachsthum von unten nach oben vorkommt und nur bei einem Theile derselben eine seit-

liche Ausbreitung unter der Form von Aesten sich zeigt, so finden wir beim Thallus im Allgemeinen eine wesentlich andere Form, die der horizontalen Ausbreitung, vorherrschend.

Man kann wohl beim Thallus zwei Hauptformen unterscheiden, die flachausgebreitete, vom Centrum nach allen Seiten hin in concentrischen Kreisen sich vergrössernde und die mehr oder weniger aufgerichtete, nach oben wachsende und der Strauchform sich annähernde Gestalt. Beide können wir uns als aus einer Vereinigung fadiger Gebilde hervorgegangen denken. Lassen wir nämlich die Fäden eines flockigen, auf horizontaler Unterlage nach allen Seiten hin strahlenförmig sich ausbreitenden Thallus in engere Verbindung treten, wie dieses in der That nach Meyer's Beschreibung bei keimenden Flechten stattfindet, so entsteht der concentrisch gebildete, crustenförmige Thallus. Lassen wir dagegen in paralleler Richtung liegende Confervenfäden seitwärts zu einer Fläche verwachsen, so erhalten wir einen, mit Ausnahme seiner Basis vom Boden losgelösten laubartigen Thallus, welcher ein Wachsthum nach oben und auf die Seiten und eine mehr oder weniger regelmässige symmetrische Bildung zeigt. Diese beiden Grundformen des Thallus gehen auf die mannigfachste Weise ineinander über. Nehmen wir eine *Rivularia Pisum,* so haben wir von einem gemeinschaftlichen Centrum in Form der Radien einer Halbkugel nach allen Seiten hin ausstrahlende Confervenfäden, es bildet sich daher eine halbkugliche Masse, welcher jede, einen organischen Körper characterisirende äussere Gestalt fehlt. Lassen wir die Fäden diese gleichförmige, strahlenförmige Richtung verlassen, dieselbe parthienweise untereinander zusammentreten und nach den Seiten hin in Lappenform sich ausbreiten, so haben wir die Form des Thallus von *Chaetophora endiviaefolia;* lassen wir die Fäden in einen gemeinschaftlichen Bündel sich vereinigen und stärker in die Länge wachsen, so haben wir die Form von *Hydrurus penicillatus;* lassen wir die Fäden ihre parallele Richtung aufgeben, auf unregelmässige Weise sich untereinander verwickeln und verfilzen, so haben wir die lappige Form eines *Nostoc,* einer strahlenförmig vom Centrum nach aussen wachsenden Flechte z. B. von *Lecidea Wahlenbergii, Parmelia chlorophana;* lassen wir den Thallus einer Flechte von seinem Centrum aus sich ungleichförmig, hauptsächlich nach einer Seite hin sich vergrössern, wie bei *Peltidea venosa,* so haben wir den Uebergang zur flächenförmig nach oben und auf die Seite hin wachsenden Thallusform, wie sie bei den Flechten z. B. bei *Cetraria*, unter den Algen z. B. bei *Padina* sich findet.

Wir finden bei den zuletzt genannten Formen des Thallus einen Gegensatz von oben und unten, analog wie beim Confervenfaden, zugleich finden wir einen rechten und linken Rand, eine vordere und hintere Seite. Der Gegensatz von oben und unten stellt sich beim horizontalen, concentrischen Thallus als Gegensatz von Centrum und Peripherie dar und es tritt hier (schärfer als beim laubförmigen Thallus) ein Gegensatz der beiden Seiten, die hier eine obere und untere Fläche darstellen, auf, welche Flächen, wenn wir uns den Thallus aus strahlenförmig auseinander laufenden Fäden zusammengesetzt denken, den vordern und hintern Seiten der demselben zu Grunde liegenden Fäden entsprechen. Bei den einfachen, fadenförmigen Gebilden, z. B. bei einer *Oscillatoria*, sind alle Seiten gleich, bei den liegenden Fäden eines flockigen Thallus eines Pilzes ist wohl in Beziehung auf die Lage, aber nicht in Beziehung auf die Organisation ein Unterschied zwischen oberer und unterer Seite eingetreten und nur in einzelnen Fällen ist durch seitliche Verzweigung ein Unterschied zwischen

rechter und linker Seite und oberer und unterer Fläche angedeutet. Mit der Bildung eines zusammenhängenden Thallus tritt mehr oder weniger deutlich eine Organisationsverschiedenheit der oberen und unteren Fläche auf, während das Wachsthum dem ursprünglichen Character der Verlängerung an der Spitze und zu beiden Seiten gleich bleibt. Wie aber bei den Conferven nicht blos ein Wachsthum an der Spitze vorkommt, sondern auch das untere Ende sich häufig unter Wurzelform verlängert, so findet sich auch beim Thallus in manchen Fällen eine Andeutung dieses Wachsthums nach unten.

Betrachten wir in dieser Beziehung den Thallus solcher Pflanzen, welche durchaus ihrer Unterlage angeheftet sind, wie bei den Crustenflechten, so finden wir keine wurzelähnliche Verlängerung vom Centrum abwärts, sondern nur ein immer weiter fortschreitendes Wachsthum des Randes, allein eine solche wurzelähnliche, vom Mittelpuncte abwärts gehende Verlängerung ist schon durch die mechanischen Verhältnisse des ganzen Gebildes unmöglich gemacht.

Anders verhält es sich dagegen bei den mit einem nur im Centrum aufsitzenden, im Uebrigen von der Unterlage abgelösten Thallus versehenen Pflanzen. Hier entspricht das Centrum des Thallus dem untern Ende der ihn, der obigen Ansicht gemäss, zusammensetzenden Theile, es zeigt dasselbe das Streben abwärts zu wachsen und stellt sich gewöhnlich unter der Form einer auf der Unterlage der Pflanze sich scheibenförmig ausbreitenden Verlängerung dar. Diese Scheibe entwickelt sich bei manchen Algen des Salzwassers, deren Thallus von seinem Anheftungspuncte nicht concentrisch nach al en Seiten hin wächst, sondern eine Fächerform besitzt, wie bei *Laminaria esculenta, digitata* zu besonderer Grösse, lauft am Rande in fingerförmige Verlängerungen aus und hat eine Neigung nach unten zu wachsen und sich einem festen Körper anzuschliessen, während sich der Thallus vom Boden loszumachen und dem Lichte entgegenzuwachsen strebt. Man hat diese Anheftungsscheibe eine Wurzel genannt, allein dagegen wurde Widerspruch erhoben. Beide Parthien haben in ihrer Art Recht; in morphologischer Beziehung ist der Theil, welcher vom Anfangspuncte der ganzen Pflanze abwärts, in entgegengesetzter Richtung von dem nach oben und dem Lichte zugewendeten Ende wächst, und die Pflanze anheftet, eine Wurzel, will man sie hingegen nicht mit dem Namen radix belegen, aus ähnlichen Gründen, aus denen man den Thallus nicht caulis heisst, so ist dagegen auch nichts einzuwenden, aber dennoch zu bemerken, dass diese Wurzel der Phanerogamenwurzel weit ähnlicher ist, als der Thallus dem Stengel der beblätterten Pflanzen. Der Grund, den man wohl auch anführt, es seien diese Anheftungsorgane keine Wurzeln, weil sie nicht zur Ernährung der Pflanzen durch Aufsaugung dienen, ist nicht gültig, insoferne die Function allein die organographische Deutung eines Theiles nicht bestimmt.

Diese schildförmige Wurzel kommt mehr solchen Gewächsen zu, deren Zellen durch reichliche Intercellularsubstanz zu einer beinahe homogenen Masse verbunden sind, wie bei den Algen des Salzwassers, bei solchen Pflanzen hingegen, welche in der Luft leben, welche Chlorophyll enthalten und deren Substanz sich mehr der Natur der höhern Pflanzen annähert, wie theilweise schon bei Flechten z. B. *Peltidea,* in höherem Maasse bei den mit einem Thallus versehenen Lebermoosen der Fall ist, tritt die Wurzelbildung unter anderer Form auf. Bei diesen Pflanzen lösen sich nämlich einzelne Zellenbündel auf der untern Fläche des Thallus los und heften nach Art von Faserwürzelchen die Pflanze auf der Unterlage fest (Flechten), oder es verlän-

gern sich einzelne Zellen der untern Fläche des Thallus zu Wurzelhärchen (z. B. bei den Lebermoosen) auf dieselbe Weise, wie es bei einzelnen Zellen der Wurzelrinde der meisten monocotyledonischen und dicotyledonischen Gewächse der Fall ist.

Der horizontal ausgebreitete Thallus scheint auf eine mehrfache Weise in strauchartige, dem Stamme der höhern Pflanzen mehr oder weniger ähnliche Formen übergehen zu können. Einmahl geschieht dieses dadurch, dass fruchtähnliche Hervorragungen ein bedeutendes Längewachsthum erhalten und dadurch in einfache, hornförmige, oder in strauchförmige ästige Formen übergehen, mit welcher Entwicklung der eigentliche Thallus mehr oder weniger verkümmert, z. B. bei *Cladonia*. Diese Umwandlung des Thallus in Strauchform kommt bei unserer weitern Untersuchung nicht mehr in Betracht, insoferne sie nur den Schein einer strauchartigen Pflanze nachahmt, ohne eine bestimmte, bei höhern Pflanzen fortgesetzte Entwicklungsstufe darzustellen.

Eine zweite, ebenfalls nur den Schein einer wirklichen Verästelung und verschiedener, auf einander inserirter Achsen darstellende Umwandlung des Thallus in einen strauchförmigen Körper erfolgt dadurch, dass die Einschnitte und Lappen, in welche der horizontal ausgebreitete Thallus vieler Cryptogamen getheilt ist, sich verschmälern, stark in die Länge wachsen und eine mehr oder weniger rundliche Form annehmen. Die dem Thallus natürliche Verästelung erfolgt in zwei seitlichen Linien, wie bei einfach oder mehrfach gefiederten Blättern, und wir sehen auch, besonders bei den Salzwasseralgen, diese Verzweigung häufig auf das deutlichste und zierlichste vor Augen liegen, z. B. bei den meisten *Fucoideen* und *Florideen,* erkennen sie aber eben so deutlich auch noch bei den meisten Flechten mit laubartigem Thallus, bei *Riccia, Marchantia* etc. Eine strauchähnliche Form erhält nun der Thallus, wenn er im Ganzen statt seiner horizontalen Lage eine mehr senkrechte Richtung annimmt und wenn seine Lappen unregelmässig hin und her gebogen sind, z. B. bei *Cetraria aculeata,* doch ist in diesen Fällen die Entstehung der Strauchform aus dem horizontalen, blattähnlich ausgebreiteten Thallus immer noch leicht an der abgeplatteten Form des Thallus zu erkennen. Schwieriger erkennbar wird diese Entstehung eines strauchartigen Thallus aus dem laubartigen, horizontal ausgebreiteten, auf beiden Seiten verschieden organisirten Lager bei solchen strauchartigen Flechten, bei welchen der Thallus ein stielrundes Stämmchen bildet und keine Unterscheidung zwischen oberer und unterer Seite mehr zulässt, z. B. bei *Usnea, Evernia* u. s. w. Doch kann über die mit dem vorigen Falle ganz analoge Entstehungsweise auch dieser Form kein Zweifel bleiben, wenn man die verschiedenen Formen der Gattungen *Ramalina, Evernia, Alectoria* vergleicht, und wenn man den Uebergang des laubartigen Thallus von *Parmelia stygia* in *Cornicularia lanata* verfolgt [1]). Vergleicht man einen solchen strauchartigen Flechtenthallus mit dem laubartigen, so fallen vor allem zwei Puncte in die Augen, nämlich erstens, dass an demselben kein Unterschied zwischen oberer und unterer Seite mehr sichtbar ist, sondern dass die Corticalsubstanz gleichförmig den Stamm und die Aeste des kleinen Strauches rings umgiebt und dass sich im Gegensatze zu dieser Rindenlage ein festerer oder lockerer centraler Strang gebildet hat, zweitens dass die Verzweigungen

1) Vgl. die schöne Abbildung dieses Ueberganges in Meyer's Nebenstunden meiner Beschäftigungen im Gebiete der Pflanzenkunde.

nicht mehr, wie beim laubartigen Lager nur auf zwei seitlichen, der Länge nach verlaufenden Linien sitzen, sondern ringsum nach allen Seiten abstehen. Es hat sich also vor unsern Augen ein blattartiges, eine obere und untere Seite zeigendes Gewächs in ein strauchartiges, an welchem weder Rechts noch Links, weder Vorn noch Hinten zu unterscheiden ist, umgewandelt. Noch dürfen wir aber nicht diesen strauchförmigen Thallus mit dem Achsensysteme einer phanerogamen Pflanze vergleichen, insoferne immer noch die Aeste eines solchen Thallus nichts anderes, als Abtheilungen eines und desselben Ganzen, und nicht wie bei den höheren Pflanzen, aus Knospen entstandene, neue, auf der Mutterpflanze wurzelnde Individuen sind; indessen ist unstreitig in diesen Formen eine Andeutung des in einer höheren Classe normalen Ueberganges der symmetrischen Bildung in die concentrische gegeben.

Vollkommen erreicht wird eine concentrische Bildung bereits schon bei einigen Algen, besonders bei *Olivia, Batrachospermum moniliforme* und bei den *Charen*, ferner bei manchen Fadenpilzen, ohne dass sich aber, wie es scheint, von diesen Pflanzen aus die Reihe zu der Bildung der Phanerogamen fortsetzen liesse.

Diesen Uebergang finden wir dagegen auf das deutlichste bei der Gattung *Jungermannia* ausgesprochen [1]. Während wir in der Abtheilung der *Jungermanniae frondosae* einen bald nervenlosen, bald mit einem Nerven durchzogenen Thallus treffen, dessen äussere Form und Art des Wachsthumes die vollkommenste Aehnlichkeit mit dem Thallus von *Marchantia, Anthoceros* etc. hat und sich an den der *Lichenen* anschliesst, so sehen wir bei der bei weitem grössten Mehrzahl der zu dieser Gattung gehörenden Arten die auf beiden Seiten des Stengels flügelartig vorstehende Blattsubstanz in Blättchen getheilt und den Mittelnerven zum beblätterten Stamm geworden.

Mit dem Auftreten der Blätter eröffnet sich nun nicht nur eine unendlich reiche Reihe von vegetabilischen Formen, sondern es tritt uns auch in der Anordnung der Theile ein neues Gesetz, das der spiraligen Stellung, entgegen. Wo in der Pflanze die spiralförmige Ordnung der seitlichen Organe scharf ausgeprägt und ungestört auftreten soll, ist es unerlässliche Bedingung, dass die Achse wenn auch nicht gerade senkrecht steht, doch nicht in horizontaler Richtung auf dem Boden aufliegt. Bei horizontaler Stellung findet sich neben dem Gegensatze von oben und unten (Spitze und Basis) immer auch mehr oder weniger deutlich ein Gegensatz einer gegen den Himmel und einer gegen die Erde gewendeten Fläche von abweichender Bildung. Die von der Basis gegen die Spitze aufsteigende Spirale setzt, wenn sie regelmässig verlaufen soll, eine Gleichheit sämmtlicher Seiten des von ihr umwundenen Organes voraus, diese Gleichheit wird aber bei horizontaler Stellung durch die in Folge derselben eintretende Organisationsverschiedenheit der gegen den Himmel und der gegen die Erde gewendeten Seite mehr oder weniger aufgehoben; es treten an einem solchen Theile zwei seitliche Linien, welche einander entsprechen und für die Organisation gleiche Bedeutung haben, ferner eine obere und untere Linie, die einen Gegensatz unter einander und mit den seitlichen Linien bilden, auf und je nachdem diese Linien schärfer ausgeprägt sind, wird das Streben der Organisation, nach der Richtung einer Spirale thätig zu sein, gänzlich oder theilweise unterdrückt werden. Wir werden daher immer die Spirale in

1) Vgl. Decandolle, Organ. végét. T. I. p. 376. Nees v. Esenbeck, Europ. Lebermoose T. I. p. 16 etc.

den senkrecht stehenden Theilen deutlicher hervortreten, in den horizontalen zurücktreten sehen, wir werden, da die Schraubenlinie keine unterscheidbaren Seiten hat, in allen Theilen, in denen sie vorherrscht, die concentrische Bildung herrschend finden, in allen horizontalen Theilen dagegen werden wir mehr oder weniger deutlich eine einander entsprechende linke und rechte Seite, eine ungleichmässige nach oben und unten gewendete Fläche, daher in Form und Organisation mehr oder weniger deutlich eine symmetrische Bildung hervortreten sehen. Aufs schärfste spricht sich dieser Unterschied in der Familie der Lebermoose aus. Während der horizontale Thallus einer *Riccia, Marchantia* noch keine Andeutung einer spiraligen Structur, sondern rein symmetrische Seitenhälften, eine verschiedene obere und untere Fläche besitzt, so tritt an dem senkrecht wachsenden Thallus von *Duriaea*[1]) die spiralige Bildung vielleicht deutlicher, als bei irgend einer andern Pflanze auf, indem die zu einer fortlaufenden Haut zusammengeflossene Blattsubstanz die Mittelrippe in regelmässiger Schraubenlinie umgiebt. Die Blätter der beblätterten Lebermoose haben, wie dieses Nees von Esenbeck nachwies, einen doppelten Ursprung. Die grösseren, flügelförmig auf beiden Seiten vorspringenden, der oberen Seite des Stammes näheren Blätter entsprechen der blattförmigen Ausbreitung des Thallus, während die einfache oder doppelte Reihe kleinerer, auf der untern Seite des Stammes liegender Blätter (die Amphigastrien) ihr Vorbild in blattähnlichen Schuppen besitzen, welche theils bei manchen *Jungermannien* mit laubähnlichem Thallus, theils bei andern mit einem Thallus versehenen Lebermoosen (z. B. *Riccia fimbriata, R. squamata,* vgl. Martius, icones pl. crypt. Brasil. Tab. xv.) auf der untern Fläche des Thallus sich finden. Die Annäherung an die Thallusbildung spricht sich bei der Mehrzahl der beblätterten Jungermannien noch deutlich aus in der mehr oder weniger horizontalen Lage des Stammes, welcher nicht nur ein oberes und unteres Ende (eine Spitze und eine Basis), sondern auch eine obere und eine untere Seite, ein Rechts und Links zeigt. Die zu beiden Seiten des Stammes stehenden Blättchen sind mit ihrer Fläche mehr oder weniger in die Längenrichtung des Stammes gestellt und schneiden dieselbe beinahe nie unter einem rechten Winkel, sondern zeigen nur eine Annäherung an die dem Blatte der höheren Pflanze eigenthümliche Stellung dadurch, dass ihre Basis meistens diagonal steht.

Lässt sich bei den mit zweizeiligen Blättern versehenen Jungermannien die Analogie ihres Stammes und ihrer Blätter mit dem Thallus der Jungermanniae frondosae nicht verkennen, so bilden die mit einer oder zwei Reihen Amphigastrien versehenen Arten (besonders solche Formen, bei welchen die Amphigastrien sich in ihrer Form den Blättern nähern wie bei *Jungermannia setiformis*) auf der andern Seite den Uebergang zu den höheren Pflanzen, bei welchen sich die Blätter aus ihrer Stellung in auffallenden Zeilen und aus ihrer mit der Richtung des Stammes übereinstimmenden Lage meistens gänzlich losgerissen haben.

Die symmetrische Bildung einer entgegengesetzten linken und rechten Hälfte spricht sich bei den beblätterten Jungermannien nicht nur in der zweizeiligen Stellung ihrer grossen Blätter überhaupt aus, sondern noch mehr in dem Umstande, dass diese Blätter meistentheils sowohl in Beziehung auf ihre Anheftung, als in Beziehung auf ihre Form nicht aus zwei gleichen seitlichen Hälften bestehen, sondern dass der eine Rand

1) Vgl. Comptes rend. vom 22sten Mai 1843.

derselben eine abweichende Form vom andern Rande besitzt, und dass bei den auf den entgegengesetzten Seiten des Stengels sitzenden Blättern die ungleichnamigen Blatthälften eine übereinstimmende Gestaltung haben. Es sind daher die Blätter der rechten und der linken Seite des Stengels auf ähnliche Weise, wie die rechte und linke Hand des Menschen einander nicht gleich, sondern symmetrisch gebaut.

Den Uebergang von der Form der Jungermannienblätter zur Form der gewöhnlichen, mit dem Stengel rechtwinklig gekreuzten Blätter finden wir in der Reihe der Laubmoose auf eine etwas abweichende Art ausgebildet. Wenn bei *Schistostega* das unfruchtbare Stämmchen noch die Form eines fiedriggetheilten Blattes zeigt, und die einzelnen Blättchen nur einen obern und untern Rand und zwei Seitenflächen, aber keine Andeutung einer obern und untern Fläche zeigen, so ist bei *Fissidens* bereits der untere Theil des oberen Blattrandes, wie bei den Blättern von *Iris*, zu einer kleinen obern Blattfläche vertieft, und damit ebenfalls ein Anfang zu der auf dem Stengel rechtwinklig aufsitzenden Stellung der Blätter gegeben. Wenn nun auch bei der Mehrzahl der Moose die Stellung der Blätter in einer den Stamm umkreisenden Spirale, und die rechtwinklige Stellung derselben auf dem Stamme erreicht ist, so sind dennoch der Mangel eines Blattstieles, das feste Verwachsensein der Blätter mit dem Stamme, der häufige Mangel eines Blattnerven lauter Momente, welche diese Blätter als noch nicht zu völliger Selbstständigkeit gekommene Theile des zerfallenen Thallus characterisiren.

Eine weitere im Aeussern der Thallusform sich annähernde, höchst ausgezeichnete symmetrische Bildung sehen wir an den mit vierzeiligen Blättern versehenen *Lycopodien*, indem hier auf eine ganz ähnliche Weise, wie bei den beblätterten, mit zwei Reihen von Amphigastrien versehenen Jungermannien zwei durch ihre Grösse ausgezeichnete Blattzeilen sich flügelförmig ausbreiten und der seitliche Stand aller Verzweigungen an die symmetrische Bildung des Thallus erinnert.

Wie wir bei Verfolgung der Thierreihe von der concentrisch gebildeten Hydra und dem Seesterne bis zum symmetrisch gebildeten Wirbelthiere Formen antreffen, bei welchen die Organisation in der Mitte schwankt, Kennzeichen von der einen, wie von der andern Bildungsweise anzutreffen sind, z. B. bei den *Cephalopoden*, bei welchen der ringförmige Nervenkranz um den Schlund, die kreisförmige Stellung der Arme an die niedern Thierclassen erinnert, die Ausbildung des Gehirns, die zwei seitlich gestellten Augen etc. sie den höhern Thierclassen annähern, auf ähnliche Weise stehen im Pflanzenreiche die beblätterten *Jungermannien*, die *Moose* mit zweizeiligen Blättern, die fächerförmig gestalteten *Lycopodien* in der Mitte zwischen den mit einem Thallus versehenen Cryptogamen und den aufrecht wachsenden, nach allen Seiten hin gleichförmig mit Blättern und Aesten besetzten Phanerogamen.

Wie nun bei der Mehrzahl der *Laubmoose* eine Erzeugung von Blättern in gleichförmigen Abständen rings um den Stamm eintritt und die Blattfläche sich mit der Richtung des Stammes im rechten Winkel kreuzt, so verliert sich auch immer mehr und mehr die Aehnlichkeit mit dem Thallus, welche der Stamm vieler *Jungermannien* in einem noch so ausgezeichneten Grade in seiner Lage besitzt, indem derselbe bei einem Theile der Jungermannien wie bei den meisten laubartigen und allen crustenförmigen Flechten sich auf seiner Unterlage (mag dieselbe horizontal oder senkrecht stehen) ausbreitet, bei den übrigen wenigstens mehr oder

weniger das Streben hat, sich horizontal auszubreiten, und es tritt nun das Bestreben ein in senkrechter Richtung in die Höhe zu wachsen, in welcher Lage allein eine gleichförmige Ausbreitung der Blätter nach allen Seiten möglich wird. Sehr häufig wird aber bei den Laubmoosen (ebenso wie bei vielen Lycopodien, Rhizospermen) diese senkrechte Richtung des Stammes und die allseitige Ausbreitung der Blätter und Zweige noch nicht erreicht, sondern bei sehr vielen erinnert noch die zweizeilige Stellung der Aeste an die flächenförmige Ausbreitung des Thallus, z. B. bei *Hypnum crista castrensis, molluscum, Neckera pennata* etc.

Nachdem endlich in den *Farnen* und *Equisetaceen* die concentrische Bildung des Stammes, sowie die spiralige und quirlförmige Blattstellung vollkommen erreicht wurden, so fällt die Form des Stamms bei den Phanerogamen mit wenigen Ausnahmen, wie *Lemna,* zwar nicht mehr auf die Form des Thallus zurück, wohl aber finden sich in manchen Beziehungen noch Annäherungen an die Eigenthümlichkeiten seines Wachsthums, als welche wir die symmetrische Ausbreitung in zwei Seitenhälften, die horizontale Lage und die Unterscheidung einer oberen und unteren Fläche kennen gelernt haben.

Beim Stamme der Phanerogamen tritt in Verbindung mit seiner aufrechten Stellung und mit regelmässiger, spiralförmiger oder quirlförmiger Stellung der Blätter und der davon abhängigen Richtung seiner Zweige nach allen Seiten hin die concentrische Bildung auf eine so auffallende Weise auf, dass er vorzugsweise Veranlassung gab, den Pflanzen eine nach allen Seiten hin gleichförmige Bildung zuzuschreiben; es ist jedoch derselbe weit entfernt, unter allen Umständen dieses Verhältniss ungestört zu zeigen, und es sind namentlich zwei Umstände, welche eine Abweichung in dieser Beziehung herbeiführen, die zweizeilige Blattstellung und die horizontale Lage.

Durch zweizeilige Stellung der Blätter ist nicht nothwendigerweise in der Organisation des Stammes selbst eine Abweichung von der concentrischen Bildung gegeben, wie man z. B. an den Gräsern sieht, deren Stamm nach allen Seiten hin vollkommen gleichförmig ausgebildet ist; dagegen tritt doch leicht, besonders wenn die Blätter nicht stengelumfassend sind, eine ungleichförmige Vertheilung der Gefässbündel im Innern des Stammes und eine hiemit im Zusammenhange stehende Aenderung seiner äussern Form ein, insoferne die zwei, mit Blättern besetzten Seiten stärker vorspringen, mit blattähnlichen Flügeln besetzt sind, z. B. bei manchen Leguminosen. Sowohl in diesen Verhältnissen, als in der nothwendigerweise zweizeiligen Stellung der Aeste spricht sich eine mehr oder weniger deutliche symmetrische Bildung aus. Diese wird in manchen Fällen noch durch Eigenthümlichkeiten in der Blattbildung erhöht, z. B. wenn wie bei den Gräsern die Blattspirale mit jedem Blatte ihre Richtung in die entgegengesetzte umändert, so dass die Blattinsertion auf analoge Weise, wie bei den Jungermannien, in der Art symmetrisch wird, dass bei den Blättern der einen Zeile der rechte, bei denen der andern Zeile der linke Rand eine Hebung zeigt, oder wenn die Blätter vertical sind und auf der gegen die eine Seite des Stamms gewendeten Fläche eine andere anatomische Structur, als auf der andern Seite zeigen, wie bei *Phormium tenax.*

Eine horizontale Lage des Stammes führt weniger in seiner innern Organisation, als in der Richtung seiner Blätter eine Abweichung von der concentrischen Bildung herbei, insoferne die Blätter, sie mögen eine Stellung haben, welche sie wollen, z. B. opponirt sein, wie bei *Vinca,* oder alterniren wie bei den Ausläufern

von *Hieracien,* von *Lithospermum purpureo-coeruleum* u. s. w., bei kriechender oder stark überhängender Stellung der Achse die Neigung haben, sich durch Drehung in zwei seitliche Reihen zu stellen.

Bei einigen Pflanzen kommt endlich, ohne dass Blattstellung oder Richtung des Stamms dabei in Rechnung kommt, eine seitliche Abplattung des Stamms, welche auf einer nicht weiter zu erklärenden Eigenthümlichkeit seiner Organisation beruht, vor, welche in niederem Grade, wie bei *Opuntia* in einem blosen Breitgedrücktsein des sonst normal gebauten Stammes besteht, oder auch, wie bei der Stammspitze von *Ruscus* bis zur Verwandlung in ein blattähnliches Gebilde gesteigert sein kann. Noch häufiger, als bei normalen Stämmen, kommt das erstere Verhältniss als Missbildung (*caulis fasciatus*) vor.

Weit stärker als bei dem Stamme spricht sich diese Neigung zur symmetrischen Bildung bei den Verzweigungen des Stammes aus, indem sich bei diesen (besonders bei den Aesten von Bäumen) sehr häufig eine entschiedene Tendenz zur fächerförmigen Ausbreitung in einer Ebene findet, wovon die Aeste vieler *Coniferen* z. B. vieler Arten von *Abies, Thuja, Cupressus, Taxus, Taxodium, Cunninghamia* etc. die auffallendsten Beispiele liefern; weniger ausgezeichnet, doch immer noch sehr deutlich ausgesprochen ist dieses fächerförmige Wachsthum bei vielen Laubhölzern z. B. bei den *Ulmen, Buchen,* bei der *Haselnuss,* beim *Tulpenbaum* etc.

Man könnte beim ersten Anblicke eines Baumes versucht sein, diese Abweichung im Wachsthume der Zweige vom Wachsthume des Stammes in der durch ihre seitliche Stellung am Stamme veranlassten gegenseitigen Deckung zu suchen, durch welche letztere die Zweige einander gegenseitig in der Richtung von oben nach unten das Licht rauben und die aufwärts und abwärts wachsenden Verästelungen verdämmen, dagegen eine ungehinderte Entwicklung auf die Seiten gestatten. Dass hingegen in diesen und ähnlichen Umständen der Grund dieses fächerförmigen Wachsthumes nicht liege, sondern dass es in der eigenthümlichen Natur des Zweiges begründet sei, sieht man daran, dass solche fächerförmige Zweige, wenn sie zu Ablegern benützt und aus ihnen neue Pflanzen gezogen werden, ungeachtet sie nun in einer senkrechten Lage sind und völlig frei stehen, dennoch in der ihnen eigenthümlichen Fächerform fortzuwachsen fortfahren, wovon aus Ablegern gezogene *Araucarien* sehr anschauliche Beispiele gewähren.

Dass nicht in mechanischen Verhältnissen der Grund dieser fächerförmigen Verzweigung zu suchen ist, erhellt vorzugsweise auch aus dem Umstande, dass bei manchen Pflanzen die Organisation der Seitenzweige von der des Stamms wesentlich abweicht und in manchen Beziehungen Annäherung an die Blattbildung zeigt. Auf die auffallendste Weise ist dieses bei *Thujopsis* der Fall, bei welcher an den fächerförmigen Zweigen alle nach unten gewendeten Blattflächen (also bei der auf der obern Seite des Astes liegenden Blattzeile die obere Blattseite, an den rechts und links stehenden Blattzeilen die eine Seitenhälfte des Blattes und bei der untern Blattzeile die Unterseite des Blattes) die Organisation und die weisse Bestäubung der untern Blattseite der Coniferen, die nach oben gewendeten Seiten die Organisation und glänzende Oberfläche der oberen Blattseite zeigen, so dass in Beziehung auf diesen Punct der beblätterte Zweig vollkommen ein mehrfach gefiedertes Blatt repräsentirt. Diese Blattähnlichkeit geht in andern Fällen, namentlich bei *Phyllanthus* und

Phyllocladus durch flächenförmige Abplattung der Zweige, beschränktes Längenwachsthum derselben, zweizeilige Stellung ihrer Blätter und Knospen so weit, dass manche Botaniker diese Zweige nicht blos in ihrem Aeussern für blattähnlich, sondern für wirkliche Mittelbildungen zwischen Achse und Blatt betrachten [1]) und andere keinen Anstand nehmen, die Blätter der *Cycadeen* für wirkliche Zweige zu erklären.

Als Annäherungen an diese Bildungen müssen wir solche Fälle betrachten, bei welchen an den Zweigen die Blätter (die am Stamme in fortlaufender Spirale stehen) durch Umwendung der Blattspirale an jedem Knoten in zwei Zeilen zu stehen kommen, wie bei *Corylus,* so wie die Fälle, in welchen die Blätter, ohne ihre Insertion zu ändern, wenigstens durch Seitwärtsdrehung sich in zwei Reihen stellen, wie bei *Cunninghamia sinensis, Abies pectinata* und andern Coniferen.

Fassen wir ins Auge, dass wir bei dem Stamme der *Jungermannien, Lycopodien* die ausgezeichnetste symmetrische Bildung bei solchen Arten finden, bei welchen der Stamm eine kriechende Lage besitzt, und dass bei Arten mit aufrechten Stämmen die Bildung in die concentrische übergeht, so dürfen wir auch nicht zweifeln, dass die symmetrische Bildung der Aeste bei den Phanerogamen mit der seitlichen Stellung derselben und mit ihrem eigenthümlichen Streben, nicht wie der Stamm senkrecht in die Höhe, sondern unter einem bestimmten, gegen den Horizont geneigten Winkel zu wachsen, in Verbindung steht. Wie genau der Zusammenhang dieses Wachsthumes in schiefer Richtung mit der Stellung der Blätter und der fächerförmigen Verzweigung ist, sehen wir besonders in solchen Fällen, in welchen bei einer Tanne z. B. *Pinus balsamea* nach Verlust des Gipfeltriebes ein Seitenast denselben ersetzt und nun alle Eigenthümlichkeiten des letztern annimmt, eine Veränderung, welche bei einigen Pflanzen dieser Familie sehr leicht vor sich geht, z. B. bei *Pinus Cembra,* bei welcher oft bei völliger Integrität der primären Achse die Spitze einzelner grosser Aeste sich plötzlich aufwärts wendet und nun unter der Form eines Stamms in die Höhe wächst, während bei andern Arten die Zweige, auch wenn eigene Pflanzen aus ihnen gezogen werden, mit der grössten Hartnäckigkeit ihr eigenthümliches Wachsthum beibehalten.

Haben wir im Bisherigen mit der Stellung einer Achse in senkrechter Richtung die concentrische Bildung vorschreiten, mit ihrer Neigung gegen den Horizont und ihrer seitlichen Stellung auf einer andern Achse dieselbe zurücktreten und die symmetrische Bildung mehr oder weniger deutlich hervortreten sehen, so finden wir beim Blatte seiner seitlichen Stellung gemäss die symmetrische Bildung ganz allgemein und zwar gewöhnlich in der Art durchgeführt, dass jedes Blatt als isolirtes Organ auftritt und durch seine Mittellinie in zwei symmetrische Hälften getheilt wird. Wie wir dagegen bei den *Jungermannien* gesehen haben, dass bei sehr ausgebildeter symmetrischer Bildung des Stamms das Blatt zu derselben beiträgt, indem es unter Verlust seiner eigenen Symmetrie seine Form auf die Weise abändert, dass die auf beiden Stammseiten liegenden Blätter symmetrische Blattzeilen bilden, so treffen wir auch noch bei den Blättern von Phanerogamen, wenn gleich in minder ausgezeichnetem Grade, Beispiele von derselben Aufopferung der eigenen Symmetrie und

1) Vgl. besonders Zuccarini, Beiträge zur Morphologie der Coniferen in Abhandl. d. Academie zu München. B. III. Abth. III.

Unterordnung ihrer Form unter die Symmetrie der ganzen Pflanze. Dieses Verhältniss zeigt sich nur selten bei den Blättern des Stamms, wie bei *Begonia,* in niederem Grade auch bei den Gräsern, dagegen häufiger bei den Blättern der Seitenachsen, wie bei *Morus, Corylus.*

Wenn dieses Verhältniss auf eine engere Verbindung in der Organisation der Blätter und der Achse hinweist, so kommen auch wieder Fälle vor, in welchen das Blatt seine flächenförmige, symmetrische Ausbreitung aufzugeben und sich zur concentrischen Bildung des Stengels zu erheben sucht, eine Form, die freilich niemahls vollständig erreicht wird, zu welcher jedoch die kreisförmige Anlagerung der Gefässbündel in manchen Blattstielen, besonders in denen zusammengesetzter Blätter, die mit der Richtung des Blattstiels beinahe rechtwinklige Kreuzung der Blättchen von *Lupinus, Aesculus* u. s. w., die Form der schildförmigen Blätter, die Bildung der Stipellae von *Thalictrum* einen Anfang bildet.

Spricht sich schon in der Organisation der Blätter von *Thujopsis,* in der Symmetrie zweier aus unsymmetrischen Blättern gebildeten Blattzeilen das Streben aller einer gemeinschaftlichen Achse angehörenden Blätter, wenigstens in Beziehung auf die äusere Form ein gemeinschaftliches Organ darzustellen aus, so finden wir ein solches Zusammenwirken vieler Blätter zur Bildung eines gemeinschaftlichen Ganzen noch in weit höherem Grade bei der Blüthenbildung.

Untersuchen wir die Fructificationsorgane der Pflanzen, bei welchen eine Vereinigung vieler, beim vegetativen Theile des Gewächses zerstreuter und isolirter Theile zu einem organischen Ganzen vorkommt, in wie weit sich bei ihnen eine Symmetrie von zwei seitlichen Hälften auffinden lasse, so fällt auf den ersten Blick auf, dass die concentrische Bildung in den Blüthen und Fruchtorganen die höchste Entwicklung erreicht, insoferne nicht nur die einzelnen Wendel der bei den Vegetationsorganen fortschreitenden Blätterspirale von einander getrennt und zu geschlossenen Kreisen, in denen die einzelnen Blätter gleichförmig weit von einander abstehen, (wenigstens scheinbar) verwandelt werden, sondern in so ferne auch die successive Entwicklung der in einem Wendel auf einander folgenden Blätter aufgehoben ist und die Blätter eines jeden Blattkreises mit einander gleichzeitig ihre Entwicklungsperioden durchlaufen. Hier ist also nicht nur jeder Unterschied der Blätter in Beziehung auf ihre Stellung aufgehoben, indem alle Blätter eines Wendels nebeneinander und nicht mehr übereinander stehen, sondern es sind auch sämmtliche Blätter eines Kreises in Beziehung auf ihre Organisation und ihre Entwicklung einander so ähnlich geworden, dass sich nur in einzelnen Fällen kleine Zeitunterschiede in ihrer Reife beobachten lassen. Vergleichen wir die Stellungsverhältnisse der Blüthenorgane mit den Stellungsverhältnissen der Blätter bei solchen Vegetationsorganen, welche eine symmetrische Bildung zeigen, so sollte man vermuthen, dass die Verhältnisse des Blüthenbaus weit eher eine concentrische als symmetrische Bildung begünstigen, insoferne beim Stamme bei quirlförmiger Blattstellung kaum eine symmetrische Bildung vorkommt, ausser bei zweigliedrigen Quirlen (z. B. bei *Thuja, Thujopsis*) und diese gerade bei den Blüthen verhältnissmässig selten sind. Dessenuneracht finden wir bei den Blüthen ausserordentlich häufig eine symmetrische Bildung.

Wir haben oben bei der Betrachtung des Pflanzenstammes gesehen, dass bei manchen Bäumen der Stamm im vollkommensten Grade eine concentrische Bildung zeigt, während die Zweige eine symmetrische

Bildung haben. Wir dürfen daher vermuthen, dass dieses in den vegetativen Theilen so vieler Pflanzen deutlich ausgesprochene Verhältniss zwischen den verschiedenen Achsen sich auch noch bei den bloss mit Fructificationsblättern besetzten Achsen auffinden lasse; und in der That scheint es, dass wir den Grund der Unregelmässigkeit vieler Blüthenformen in diesem Verhältnisse zu suchen haben.

Betrachten wir nämlich die Blüthen in Hinsicht auf ihre Regelmässigkeit und Unregelmässigkeit, so erhellt auf den ersten Blick, dass bei den sogenannten unregelmässigen Blüthen bei weitem die grösste Mehrzahl zwei symmetrische Hälften, eine linke und eine rechte, besitzt und dass es eine sehr seltene Ausnahme ist, wenn eine Blüthe nicht durch einen senkrechten Schnitt in zwei gleiche Hälften getheilt werden kann, z. B. die der *Marantaceae*. Das Gesetz der Symmetrie ist daher in der Blüthenbildung sehr allgemein ausgesprochen.

Nehmen wir nun Rücksicht auf die Stellung der regelmässigen und der unregelmässigen Blüthen, so gilt als allgemeine Regel, dass die terminalen Blüthen regelmässig sind, dass dagegen die unregelmässigen Blüthen den indeterminirten Inflorescenzen zugetheilt sind (wenn gleich nicht immer ein indeterminirter Blüthenstand mit Unregelmässigkeit der Blüthe verbunden ist). Viele Beispiele hiefür anzuführen, wäre überflüssig; man denke z. B. nur in Beziehung auf Pflanzen mit determinirten Blüthenständen an *Paeonia, Ranunculus, Nigella, Aquilegia,* an die *Papaveraceae, Caryophylleae, Lineae, Oxalideae, Potentilleae,* an viele *Gentianeae* etc., dagegen als Beispiele indeterminirter Blüthenstände an *Delphinium, Aconitum,* an die *Fumariaceae, Polygaleae, Violarieae, Hippocastaneae, Papilionaceae, Umbelliferae, Synanthereae, Labiatae, Scrophularineae, Lentibularieae, Aristolochieae, Orchideae* etc.

Wir finden also unsere obige Vermuthung, dass die symmetrische Bildung der Blüthen im Zusammenhange mit ihrer Stellung stehe, vollkommen bestätigt.

Bei den meisten bisher betrachteten symmetrisch gebildeten Organen war nicht nur eine rechte und eine linke Hälfte, sondern auch eine obere und eine untere Seite zu unterscheiden z. B. beim Thallus, bei den beblätterten Jungermannien, beim Blatte.

In nicht weniger ausgezeichnetem Grade tritt uns dieser Unterschied zwischen Oben und Unten auch bei den symmetrisch gebildeten Blüthen entgegen. Da bei den Blüthen, sie mögen regelmässig oder unregelmässig sein, sich immer ein überwiegend starkes Streben zur concentrischen Bildung ausspricht, so finden wir in ihnen den Unterschied zwischen Oben und Unten nicht so weit durchgeführt, dass die Blüthenorgane aufhören, in Kreisen um die Achse gestellt zu sein und in zwei seitliche Flächen, wie bei Zweigen mit zweizeiligen Blättern auseinanderzutreten, oder dass wie bei *Thujopsis* je nach der Lage des Blattes auf den verschiedenen Seiten der Achse sich die Organisation der obern und untern Blattseite ändert, sondern es spricht sich jener Unterschied theils in abweichender Bildung der obern und der untern Blüthenhälfte aus, theils nicht selten im Fehlschlagen von einzelnen Blüthenorganen, welches von oben nach unten, oder in entgegengesetzter Richtung fortschreitet und auf beiden Seiten der Blüthe eine gleiche Anzahl von Organen ergreift, also ganz unabhängig von der Spiralstellung der Blüthentheile auf sie einwirkt, theils endlich im Hingekrümmtsein einzelner Blüthenorgane gegen die entgegengesetzten Enden der Mittellinie.

Eine Verschiedenheit in der Bildung der obern und untern Blüthenhälfte ohne Fehlschlagen einzelner Organe kommt bei einer Menge unregelmässiger Blüthen vor, z. B. bei den zweilippigen Kelchen der *Labiaten* und *Leguminosen*, beim Kelche von *Aconitum*, *Delphinium*, bei den Blumenkronen der *Leguminosen*, *Tropäoleen*, *Balsamineen*, *Violarieen*, *Synanthereen*, *Dipsaceen*, *Valerianeen*, *Umbelliferen*, *Labiaten*, *Scrophularinen* u. s. w., bei welchen allen ohne Rücksicht auf die Stellung ihrer Blüthentheile in eine Spirallinie das eine (oben oder unten in der Blüthe stehende) Blatt symmetrisch gebildet ist, und die vier andern, zu je zwei und zwei, wie sie einander seitlich gegenüberstehen, in ihrer Bildung übereinstimmen, dagegen von dem mittlern und dem andern Blättchenpaare mehr oder weniger abweichen. Aehnliche Verhältnisse kommen bei solchen Blüthenhüllen vor, welche aus zwei Kreisen von Blättern bestehen, wie z. B. bei den *Fumariaceen*, *Orchideen* etc.

Wenn einzelne Blüthenorgane (sepala, petala oder stamina) fehlschlagen, so spricht sich auch hierin dieselbe Beziehung der einander gegenüberstehenden Organe aus, indem das Fehlschlagen entweder bei dem in der Mittellinie einzeln stehenden Blatte anfängt und sich von hier aus auf die Seiten fortsetzt und die übrigen Blätter paarweise ergreift, wie bei den *Labiaten* und *Scrophularinen*, oder umgekehrt bei dem äussersten Paare anfängt und gegen das unpaare Blatt weiterschreitet, wie z. B. bei dem Kelche der *Balsaminen*, der Blumenkrone von *Amorpha*, den Staubfäden der *Orchideen*.

Beim Stengel der beblätterten Jungermannien, bei den Zweigen von Abies, Ulmus etc. sahen wir die Blätter in ihrer Stellung dadurch ein Oben und Unten des ganzen Gebildes anzeigen, dass sie alle die eine Seite (und zwar die Jungermannien häufig die untere, die übrigen Pflanzen die obere) gegen den Himmel kehren, selbst aber sich auf beide Seiten der Achse hindrehen; bei den Blüthen spricht sich die Beziehung der einzelnen Blätter zur obern und untern Seite der Blüthe dadurch aus, dass sich ein Theil der Blätter gegen die obere, der andere Theil gegen die untere Seite der Blüthe hindrängt, wodurch die Lippenform derselben, und die mannigfachen derselben ähnlichen Formen entstehen, z. B. die zweilippigen Kelche und Blüthen, das Verborgensein der Staubfäden unter der Oberlippe der zweilippigen Blüthen, die Galea der Orchideenblüthe, das Abstehen der Fahne und der übrigen Blumenblätter bei manchen *Leguminosen*, die Form der Blüthen von *Lopezia*, *Viola*, *Pelargonium*, von vielen *Umbelliferen*, *Synanthereen*, von *Iberis* etc. Diese Neigung der Blüthentheile in zwei entgegengesetzte, nach oben und unten stehende Parthien, welche aus zwei symmetrischen Hälften gebildet sind, aus einander zu treten, geht bei den *Fumariaceen* so weit, dass die im Querdurchmesser stehenden Staubfäden in zwei Hälften zerfallen, von denen die eine nach oben, die andere nach unten in der Blüthe gewendet und daselbst mit dem nebenstehenden Staubfaden verwachsen ist; ich möchte auch demselben Streben die abweichende Stellung der Narben in der Blüthe der *Cruciferen* zuschreiben und jede Narbe als aus zwei seitlichen Hälften der rechts und links in der Blüthe stehenden und gespaltenen Narben zusammengewachsen betrachten.

Die bisherigen Beispiele mögen genügen, um den grossen und weit verbreiteten Einfluss des Strebens nach Symmetrie auf die Form sowohl der Vegetations-Organe als der Fructifications-Organe, den Kampf, in welchem dieses Streben nach Symmetrie mit der durch die spiralförmige Stellung der Blätter erzeugten Nei-

gung zu regelmässig concentrischer Ausbildung der Pflanzen steht und den Zusammenhang dieser Erscheinungen mit der Richtung der Achsentheile nachzuweisen. Ich begnüge mich nur noch auf die Blüthenstände hinzuweisen, bei welchen in vielen Fällen in der Form und Richtung der Bracteen, in der Vertheilung und dem Fehlschlagen der Blüthen tragenden Achsen, z. B. bei der Umwandlung des von Roeper Cyma genannten Blüthenstandes in zwei einander entsprechende traubenförmige Blüthenstände, in der Antidromie der auf zwei Seiten des Stamms stehenden Blüthenstände u. s. w. sich die symmetrische Bildung in ausgezeichnetem Grade ausspricht.

III.

Beobachtungen

über die

Umwandlung von Antheren in Carpelle.

(Dissertation vom Jahr 1836.)

Ueber die Thatsache, dass die Staubgefässe aus der Metamorphose von Blättern hervorgegangen sind, herrscht bei der Mehrzahl der jezt lebenden Botaniker kein Zweifel mehr, seitdem GOETHE diesen Satz ausgesprochen, ROBERT BROWN, DECANDOLLE, RÖPER u. A. sich für denselben erklärt haben, und es weichen die genannten Gelehrten nur in der Erklärung, wie die Metamorphose des Blattes in die Anthere vor sich gehe, von einander ab. Nur wenige Botaniker, wie AGARDH, ENDLICHER, sind der Ansicht, dass die Antheren nicht rein appendiculäre Organe seien, sondern dass das Achsensystem an ihrer Bildung Antheil nehme und dass sie von einem mit einem Blattpaare besetzten Aste gebildet werden.

Um die hier in Frage stehenden Zweifel zu lösen, ist wohl, wie in vielen andern Fällen, die Beobachtung von Missbildungen geeigneter, als die Untersuchung von normal entwickelten Blüthen, indem in den letzteren nur selten, wie z. B. zwischen den Blumenblättern und Staubfäden von *Nymphaea,* ein allmähliger Uebergang von dem einen Organ in's andere Statt findet, sondern meistens dieser Uebergang sprungweise erfolgt und desshalb die Art und Weise des Uebergangs durch leicht trügliche Schlüsse und Analogien ermittelt und oft errathen werden muss, während in missgebildeten Blüthen häufig ein Rückschritt von der Form des einen Organs zu der des ihm vorausgehenden Statt findet und so durch mannigfaltige Mittelformen, welche bald mehr zu dem einen, bald mehr zu dem andern Organe hinneigen, eine allmählige Veränderung der einen Form in die andere dargelegt wird, so dass bei Untersuchung solcher Fälle die Art des Uebergangs nicht nur dem Untersuchenden subjectiv wahrscheinlich, sondern auch einem Andern demonstrirbar wird. Desshalb lieferten denn auch die Missbildungen von den Zeiten LINNÉ's an die hauptsächlichsten Data zur Ausbildung der Lehre von der Metamorphose, und man darf wohl behaupten, dass ohne Beobachtungen missgebildeter Blüthen der menschliche Scharfsinn kaum im Stande gewesen wäre, den richtigen Weg zur Erklärung der Blüthenbildung zu finden; auch jetzt noch sind sie in vielen Fällen der Faden, mittelst dessen allein wir im Stande sind, uns durch die morphologischen Labyrinthe durchzuwinden.

Die auf den folgenden Blättern gegebene Darstellung hat nicht den Zweck, die ganze Lehre von der Entstehung und dem Baue der Staubfäden und der Carpelle zu entwickeln, indem dieser Gegenstand viel zu umfangreich ist, als dass er sich in einer academischen Dissertation auch nur einigermassen erschöpfend behandeln liesse; es sollen nur einige Fälle von Antheren, welche zum Theil oder vollkommen in Carpellar-

blätter umgewandelt waren, beschrieben und einige aus diesen Bildungen gezogene Schlussfolgerungen, welche den Bau der Staubgefässe betreffen, mitgetheilt werden.

Um die hauptsächlichsten Punkte, welche durch die Untersuchung dieser Missbildungen eine Erläuterung erlangen können, beständig vor Augen zu behalten, mag es nicht unzweckmässig sein, der Beschreibung derselben eine kurze Uebersicht über die hauptsächlichsten Ansichten, welche über den Bau der Antheren geäussert wurden, vorauszuschicken.

Goethe leitete aus den mannigfachen Uebergängen der Petala in Staubgefässe eine so innige Verwandtschaft dieser beiden Organe unter einander her, dass er glaubte, seine ganze Schrift über die Metamorphose möchte für überflüssig zu halten sein, wenn die Verwandtschaft aller übrigen Theile so in die Augen fallend wäre [1]). Er ist der Ansicht, dass die Umwandlung des Petalum in das Staubwerkzeug durch eine Contraction und Verfeinerung geschehe, wie man bei Canna und bei gefüllten Blüthen (z. B. bei den Rosen, beim Mohn) leicht sehen könne, in welchen Fällen ein Theil des Petalum zusammengezogen werde und eine Schwiele (die Anthere) darstelle, während der übrige Theil des Blumenblattes zum Filamente sich contrahire. Diese Veränderung leitet Goethe von der Zusammenziehung der Spiralgefässe her, von welchen er glaubt, dass sie die Geschlechtstheile der Pflanzen, wie alle übrigen Theile, hervorbringen. Die Spiralgefässe, glaubt Goethe, seien in den Staubgefässen nach Art von elastischen Federn verkürzt und können sich nicht ausbreiten und Anastomosen bilden, wesshalb die Form eines einfachen Fadens entstehe. Die Gefässe endigen sich zwischen den Häuten des Staubbeutels, aus ihnen dringe der höchst ausgebildete Samenstaub hervor, dessen Kügelchen ihrer Natur nach nichts Anderes als Gefässe seien, in welchen höchst feiner Saft aufbewahrt werde.

Man sieht leicht ein, dass diese anatomische Entwicklung der Entstehung der Staubgefässe und des Ursprungs des Pollen mit den jetzigen Erfahrungen über den Bau und die Eigenschaften der Spiralgefässe und die Bildungsweise der Pollenkörner nicht harmonirt, und dass der eigentliche Vorgang der Umwandlung des Petalum in's Staubgefäss durch das von Goethe Gesagte nicht erläutert ist.

Eine nähere Erklärung von dieser Umwandlung zu geben, unternahm Robert Brown [2]), indem er den Bau des Carpells mit dem der Anthere verglich und zum Theil auf dieselbe übertrug. Rob. Brown nahm nämlich an, dass sowohl bei den Antheren, als bei den Ovarien, die Erzeugung ihrer wesentlichen Theile, d. h. des Pollen und der Ovula, auf dem Rande des modificirten Blattes vor sich gehe, wesshalb die normale Anthere eben so regelmässig zweifächerig sei, als bei dem Carpell die Ovula in zwei Reihen stehen. Jedes Fach der Anthere ist der Länge nach durch eine fleischige Masse (ein Receptaculum), auf deren Oberfläche oder in deren Zellen sich der Blüthenstaub bildet, getheilt. Dagegen unterscheiden sich beide Organe wesentlich dadurch von einander, dass bei der Anthere die Gefässe in geringerer Anzahl vorhanden sind und

1) Goethe, Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären. 1790. p. 31.

2) In der Abhandlung über *Rafflesia*, in Linn. soc. Transact. T. XIII; Vermischte Schriften T. II. p. 605 etc. Die auf die Verwandtschaft der Antheren und Ovarien sich beziehende Stelle ist vom Uebersetzer auf eine so unverantwortliche Weise entstellt, dass durchaus das Original nachgesehen werden muss.

der Pollen sich in einem von Gefässen entblössten Zellgewebe, und zwar immer im Innern des Organes, bildet, während bei dem Ovarium die Gefässe nicht sowohl in geringerer Menge, als vielmehr in abweichender Anlagerung vorhanden sind, indem die vorzüglichsten derselben die Blattränder einnehmen und die Eichen auf Seitenverzweigungen der Gefässbündel auf der Oberfläche des Organes producirt werden. Diese Randproduction von Eiern zeige sich, bemerkt R. Brown, besonders deutlich bei solchen Missbildungen, bei welchen die Staubgefässe sich mehr oder weniger vollständig in Pistille verwandeln, z. B. bei Sempervivum tectorum.

An diese Ansicht schliessen sich Röper [1]) und E. Meyer [2]) an. Röper glaubt nämlich, die Antheren entstehen auf die Weise aus dem Blatte, dass nur der Mittelnerve des letztern übrig bleibe, die Seitennerven verschwinden und durch Wucherung des Parenchyms die Seitenhälften des Blattes aufschwellen und sich mit Pollenkörnern (verändertem Parenchyme?) füllen. Die Furchen, in welchen die Antheren aufspringen, hält Röper für die Blattränder und glaubt, dass die meistens einwärts gerichtete Lage derselben der Vernation der Blätter entspreche. Röper war auf diese Weise (wie er später selbst bekannt machte) zum zweitenmale der Schöpfer einer schon drei Jahre früher von Cassini [3]) aufgestellten, allein, wie es scheint, in Deutschland unbekannt gebliebenen Theorie, denn auch Cassini stellte den Pollen als eine Modification des Blattparenchyms, die Näthe der Anthere als die Blattränder, die Scheidewand zwischen beiden Loculamenten eines jeden Faches [4]) der Anthere als den Ueberrest eines nicht in Pollen verwandelten Theils des Blattparenchyms dar.

Auf eine ähnliche Weise erklärt auch Bischoff die Entstehung der Antheren; wir finden jedoch seine Darstellung in Beziehung auf einen wesentlichen Punkt abweichend, in so fern er die Nath der Anthere nicht aus dem Blattrande entstehen lässt, sondern der Ansicht ist, dass auf jeder Seite des Mittelnerven beide Loculamente des Antherenfaches auf der oberen Blattfläche innerhalb des Blattrandes sich ausbilden [5]).

Der bisher betrachteten Ansicht gegenüber steht eine andere, welche die Vergleichung zwischen Antheren und Carpellen (die R. Brown nur in Beziehung auf die Stelle des Blatts, an welcher die Production von Eiern oder Pollen vor sich geht, annimmt) so weit ausdehnt, dass die Anthere selbst für ein dem Carpell vollkommen analoges Gebilde betrachtet und angenommen wird, dass die Anthere sich auf die Weise aus dem Blatte bilde, dass sich dessen Ränder einwärts rollen, dem Mittelnerven anschliessen und so auf beiden Seiten desselben ein zur Aufnahme des Pollens bestimmtes Fach bilden.

1) Enumerat. euphorb. p. 44.

2) De Houttuynia etc. p. 23.

3) Opuscules phytologiques T. II. p. 549.

4) Da wir im Deutschen keinen andern gebräuchlichen Ausdruck für theca antherae als den des Antherenfaches, und zur Bezeichnung der zwei Abtheilungen, in welche jedes Fach bei einer normal gebildeten Anthere zerfällt, gar keinen Ausdruck besitzen, so bemerke ich hier, dass in der folgenden Darstellung beständig unter dem Ausdrucke der Antherenfächer die Seitenhälften einer Anthere, und unter dem der vorderen und hinteren Loculamente die beiden Abtheilungen eines Antherenfaches verstanden werden.

5) Lehrbuch der Botanik Bd. I. p. 334.

Dass R. Brown, wie zuweilen (z. B. von Röper und Engelmann) angeführt wird, diese Ansicht ausgesprochen, scheint mir nicht der Fall zu sein; wenigstens kenne ich keine Stelle seiner Schriften, die zu Gunsten dieser Ansicht zu deuten wäre. Dagegen ist Decandolle entschieden dieser Ansicht [1]; wenn er auch nicht so weit, wie Turpin, geht, welcher in der Scheidewand der Antherenloculamente ein der Placenta der Eier durchaus analoges Gebilde zu finden glaubte und dieselbe desshalb mit dem Ausdrucke des Trophopollen belegte, so hält doch auch Decandolle eine frühere Anheftung der Pollenkörner an die Wandung der Anthere für wahrscheinlich und glaubt, die Analogie der Antheren mit den Ovarien sei so gross, dass zuweilen die Antheren auf der einen Hälfte statt des Pollen Eierchen enthalten. Von dieser Ansicht ist Decandolle selbst in seiner Physiologie noch nicht zurückgekommen [2], ungeachtet zur Zeit der Ausarbeitung dieses Werks die Untersuchungen von A. Brongniart längst erschienen waren.

Die gleiche Ansicht über Entstehung der Antheren durch Einrollung der Blattränder wird von Engelmann [3]) u. A. vertheidigt.

Eine dritte Ansicht über die Bildung der Anthere rührt von Schultz her, welcher glaubt, der Bau derselben sei leicht einzusehen; zwei zellige Klappen, durch vorspringende Winkel der Staubfädenränder gebildet, sollen sich durch eine Längsnath vereinigen, um die Höhle, worin der Pollen befindlich ist, zu bilden, wesshalb jeder Staubfaden nur ein oder zwei Fächer haben könne [4]).

Eine von der bisher betrachteten gänzlich verschiedene Grundansicht, welche in mancher Hinsicht an die Linné'sche Lehre von der Prolepsis plantarum erinnert, leitete Agardh bei seiner Erklärung der Staubfadenbildung. Ihm sind die Staubfäden nicht metamorphosirte Blätter, sondern freie Knospen, welche in den Achseln der Kelch- und Blumenblätter stehen [5]). Die Anthere ist ursprünglich vierfächerig, je zwei Fächer bilden eine Theca. Wie das Ovarium mit der Endknospe eines Zweiges zu vergleichen ist, so ist das Staubgefäss mit einer Seitenknospe zu vergleichen. Die ursprüngliche Identität der Staubfäden und Pistille, glaubt Agardh, werde nicht blos durch die beiden gemeinschaftliche Knospennatur, sondern auch im Speciellen durch die Anwesenheit des cellulosen Körpers in den jugendlichen Antheren, durch den Uebergang der Pollenkörner in Samen, den Uebergang von Staubfäden in Pistille und der Pistille in Staubfäden bewiesen. Der zweifächerige Bau des Staubfadens ist nach ihm aus dem Baue des Pistills zu erklären; bei diesem ist aber die Zweizahl der Carpelle normal, desshalb müssen auch die Staubfäden, als verkümmerte Seitenfrüchte, zweifächerig sein. Auf eine augenscheinliche Weise, glaubt Agardh, sei die Stufenfolge in der Metamorphose einer Blumenknospe zu einem Staubfaden in den Randblüthen einer Centaurea, dem Nectarium von Helleborus und Trollius, welches letztere sichtlich in einen Staubfaden übergehe, gegeben; dagegen hält er den Uebergang des Staubfadens in ein Blumenblatt nur für scheinbar und vergleicht ihn mit der Bildung

1) Organogr. vég. T. I. p. 465. 552.
2) Physiol. vég. T. II. p. 534.
3) De antholysi prodromus p. 60.
4) Die Natur der leb. Pflanze. T. II. p. 73.
5) Organogr. der Pflanzen. p. 331. 378. 430.

der zungenförmigen Blüthen der Syngenesisten, mit den blattförmigen Zweigen bei Ruscus, den neuholländischen Mimosen u. s. w. In einer ein Jahr vor der Organographie erschienenen Schrift [1]) hatte Agardh eine in mancher Beziehung detaillirtere Auseinandersetzung seiner Ansicht über den Bau der Antheren gegeben. Er betrachtet nämlich die beiden Antherenfächer als zwei Blätter; die Längsnath, in welcher sich die Anthere öffnet, entspricht dem Mittelnerven des Blattes. Seine früher ausgesprochene Ansicht über den Pollen [2]), dass die Körner desselben den Eiern entsprechen, kleine zusammengerollte Blättchen seien, nahm Agardh in dieser Schrift zurück, und glaubte, sie entstehen, wie die Zellen der Blätter und wie die Körner eines Uredo, aus kleinen, in einer klebrigen Flüssigkeit schwimmenden Körnern, die sich allmählig vergrössern; er scheint aber dennoch wieder in der Organographie eine Verwandlung von Pollenkörnern in Ovula anzunehmen.

Einen gewichtigen Anhänger seiner Ansicht gewann Agardh an Endlicher. Auch dieser Gelehrte hält den Staubfaden für ein Achsengebilde, welches auf einer gewissen Höhe zwei opponirte Blätter trage, die sich mit dem Kelchblatte, in dessen Achsel der Staubfaden steht, kreuzen und mit ihren Mittelnerven an den Träger und unter sich verwachsen, mit ihren Rändern zusammenrollen und an einander kleben, bis sie sich bei voller Reife wieder an denselben öffnen und dem Blumenstaube den Ausgang gestatten, welcher in der durch sie abgeschlossenen Höhle entstanden ist [3]). Diese Blätter, welche die Anthere bilden, sind nach aussen umgerollt und ihre Innenhaut, welche den Pollen aussondert, ist von der unteren Blattfläche gebildet.

Agardh hatte angenommen, die Staubfäden seien Knospen, die bei isostemonen Pflanzen in der Achsel der Kelchblätter, bei diplostemonen Pflanzen in der Achsel der Kelchblätter und Petala stehen. Consequenter und wahrscheinlicher scheint es dagegen Endlicher zu sein, auch die Blumenblätter für Seitenachsen und phyllodienähnliche Gebilde zu halten und anzunehmen, dass die Kelchblätter normal keine Knospen bergen und dass im zweiten und dritten Kreise die Blätter ganz unterdrückt, dafür aber die Knospen zu Kronenblättern oder Staubfäden entwickelt seien.

Nachdem ich nun die hauptsächlichsten, über den Bau der Antheren geäusserten Ansichten in ihren Grundzügen kurz dargestellt, gehe ich zur Betrachtung einiger Uebergänge zwischen Staubfäden und Carpellen über, um aus ihnen einige Folgerungen in Beziehung auf den normalen Bau der Antheren zu ziehen.

Die Uebergänge zwischen Antheren- und Carpellarbildung finden sich theils an Carpellen, welche eine Annäherung zum Bau der Staubfäden zeigen, theils an Staubfäden, welche sich mehr oder weniger vollständig in Ovarien verwandelt haben, theils an Blumenblättern, welche durch Production von Eiern und pollenhaltenden Fächern Uebergänge in Carpelle und Antheren darstellen.

Der Uebergang von Carpellen in Staubgefässe kommt weit seltener vor, als die Umwandlung von Staubfäden in Carpelle; so giebt z. B. Decandolle [4]) an, er habe diese Missbildung nie gesehen; Andere, wie

1) Essai sur le développement intérieur des plantes. p. 89.

2) Essai de reduire la physiologie végétale à des principes fondamentaux. p. 28.

3) Linnaea. T. VII. 1832. p. 21.

4) Organogr. végét. T. I. p. 546.

Schultz [1]), läugnen ihr Vorkommen ganz. Als Beispiele solcher Umwandlungen von Carpellen in Staubfäden führt Röper [2]) an, dass er nicht selten bei *Euphorbien* die Stelle eines Ovariums durch eine beinahe vollständig entwickelte Anthere ersetzt gesehen habe; eben dasselbe beobachtete er bei den *Balsaminen* [3]) und bei *Gentiana campestris* [4]); leider gab er keine ausführliche Beschreibung dieser Missbildungen. Eine ähnliche Verwandlung fand Agardh [5]) bei *Hyacinthus orientalis,* beschreibt sie jedoch zu apokryphisch, als dass man über die eigentliche Beschaffenheit dieser Carpelle sich eine genügende Vorstellung bilden könnte, indem er angiebt, er hätte bei halbgefüllten Blüthen dieser Pflanze die Samenträger (placentae) in Staubgefässe verwandelt gesehen, wobei zuweilen die eine Hälfte der Frucht Samen, die andere Hälfte Staubgefässe enthielt. Häufig sah, wie bei seiner reichen Erfahrung über Pflanzenmissbildungen nicht anders zu erwarten war, Schimper diese Missbildung [6]). So fand er bei *Salix babylonica* die verschiedensten Uebergänge vom Pistill in Staubfäden; bei *Primula acaulis* sah er auf der innern Wandung der Ovarien Antherenfächer. Engelmann [7]) sah bei *Campanula persicifolia* und *rapunculoides* an einem Stylus einen antherenähnlichen Körper, bei *Cheiranthus Cheiri* fand er die Hälfte eines Carpellarblattes in ein Antherenfach verwandelt.

Alle diese Beobachtungen sind an Pflanzen angestellt, bei welchen zwei oder eine grössere Anzahl von Carpellarblättern zur Bildung des Ovariums sich vereinigen. Die Verwandlung des Carpellarblattes zur Anthere ist daher hier vielleicht weniger deutlich, als bei Ovarien, welche nur aus Einem Carpellarblatte gebildet sind, wenn es auch scheint, dass bei der Umwandlung zur Anthere das verwandelte Carpellarblatt beständig eine Neigung zeigt, sich von den übrigen Blättern des Ovariums, welche die Carpellnatur beibehalten, loszutrennen, wie dieses aus den Beobachtungen von Röper an *Gentiana campestris,* von Schimper an *Salix babylonica* und an *Primula acaulis* [8]) erhellt.

Ueber die Art und Weise wie diese Umwandlung vor sich geht, liessen mir Beobachtungen an missgebildeten Blüthen von *Chamaerops humilis* keinen Zweifel übrig, indem bei dem einfachen Baue der Ovarien dieser Pflanze die Verhältnisse durchaus deutlich waren. Die Carpelle hatten sich nämlich auf die gewöhnliche Weise zu je drei in einer Blüthe entwickelt, sie besassen ihre normale Form und Grösse, jedes enthielt ein gut ausgebildetes Ovulum und sie wichen von ganz normalen Ovarien nur dadurch ab, dass zu beiden Seiten der Bauchnath ein gelber Wulst der Länge nach verlief, welcher beim Durchschnitte des Ovariums sich als ein durch die gewöhnliche Scheidewand in zwei Loculamente getheiltes, mit Pollen gefülltes Antherenfach erwies. Es war also in diesem Falle vollkommen deutlich, dass die Antherenfächer und die Production von Pollen in keiner Beziehung zur Hervorbringung von Eichen stehen, dass der Pollen nicht in einer durch

1) Natur der leb. Pflanze. T. I. p. 294.
2) Enum. euphorb. p. 53.
3) De flor. et affinit. balsamin. p. 17.
4) Linnaea. T. I. p. 457.
5) Organogr. p. 578.
6) Flora. 1829. T. II. p. 422.
7) De antholysi. p. 26.
8) Spenner, Flora Friburg. T. III. p. 1061.

Einrollung eines Blattes entstandenen Höhlung, sondern im Innern des Blattes selbst, und zwar in der Nähe seiner Ränder, gebildet wurde; es ist ferner, da das Carpellarblatt mit seinen Rändern verwachsen war und die Antherenfächer auf der äusseren Seite des Carpells sich befanden, deutlich, dass sich dieselben auf der Rückenfläche des Carpellarblattes gebildet hatten und dass die Sutur nicht dem Blattrande entsprechen konnte.

Von eben so grosser Wichtigkeit für die Lehre von dem Baue der Antheren sind diejenigen Fälle, in welchen die Antheren durch Production von Eiern und durch allmählige Annäherung an die Form des Ovariums in Carpelle übergehen. Fälle dieser Art sind häufiger, als die der Umwandlung von Carpellen in Antheren; es wurde z. B. dieser Uebergang von Rob. Brown [1]) bei *Sempervivum tectorum, Tropaeolum majus, Cheiranthus Cheiri, Cochlearia Armoracia, Papaver nudicaule, Salix oleifolia* beobachtet, von Decandolle [2]) bei *Magnolia fuscata* und verschiedenen Arten von *Salix,* von Richard an *Erica Tetralix,* von Röper an *Papaver orientale,* von Mirbel [3]) beim *Pfirsich,* von Schimper bei *Stachys germanica* [4]), von Lindley [5]) an einer *Amaryllis,* an *Sempervivum tectorum, Cheiranthus Cheiri.*

Da die Beobachtungen, welche über diese Uebergänge gemacht wurden, nicht immer mit der nöthigen Genauigkeit angestellt worden zu sein scheinen und diese unvollständigen Beobachtungen Veranlassung wurden, dass einige Schriftsteller Folgerungen aus ihnen herleiteten, welche mit den Resultaten meiner Beobachtungen durchaus im Widerspruch stehen und eine Hauptstütze einer, wie es mir wenigstens scheint, falschen Ansicht über den Antherenbau sind, so ist es vielleicht nicht ohne Interesse, wenn ich hier von den Mittelbildungen zwischen Antheren und Carpellen, wie ich sie bei ein paar Pflanzen fand, eine genaue Beschreibung mittheile.

Die eine meiner Beobachtungen betrifft die bei *Sempervivum tectorum* vorkommenden Uebergänge von Staubfäden in Ovarien. Schon von Schmidel [6]) wurden dieselben beschrieben und abgebildet. Haller [7]) erwähnt derselben, ebenso Du Petit Thouars, Rob. Brown, Lindley u. s. w. Diese Missbildung musste auch nothwendigerweise häufig untersucht werden, indem nach Gaudin's Angabe [8]) nur die wildwachsende Pflanze beide Kreise von Staubfäden im normalen Zustande besitzt, dagegen alle kultivirten oder auf Mauern stehenden Exemplare wenigstens den innern Kreis in Carpelle verwandelt haben; eine Angabe, welche von Koch [9]) bestätigt wird, wie denn auch ich noch kein Exemplar gefunden habe, an welchem alle Staubfäden normal gebildet gewesen wären.

In den Blüthen von *Sempervivum tectorum,* in welchen diese Missbildung sich findet, ist die Anzahl der Staubfäden durchaus normal d. h. die doppelte von der Zahl der Blumenblätter. Dieselben stehen in

1) Vermischte Schr. T. II. p. 625.
2) Organogr. T. I. p. 545.
3) Élém. de bot. p. 239.
4) Flora. 1829. p. 424.
5) Introd. to botany. p. 518.
6) Icones plantar. et analys. part. p. 210. Tab. LIV.
7) Historia stirp. Helv. T. I. p. 409.
8) Flor. helvet. T. III. p. 289.
9) Deutschlands Flora. T. III. p. 385.

zwei Kreisen; die des äusseren Kreises sind den Blumenblättern, die des inneren Kreises den Kelchblättern gegenüber gestellt, mit den letzteren alterniren die Ovarien.

Die Staubfäden des inneren Kreises fand ich beständig in Carpelle verwandelt, theils in vollkommen ausgebildete, welche in keiner Rücksicht von den wahren Ovarien abwichen und sich zu regelmässig gebildeten Früchten entwickelten, theils in unvollkommen ausgebildete und nach dem Verblühen verwelkende Carpelle. Die Staubfäden des äusseren Kreises waren zum Theil ebenfalls in unvollkommene Carpelle umgewandelt, zum Theil zeigten sie die verschiedensten Uebergänge vom normalen Staubgefässe in diese Carpelle; nur in seltenen Fällen waren sämmtliche Staubfäden einer Blüthe in Carpelle übergegangen.

Die normal entwickelten Staubfäden haben ein pfriemenförmiges, purpurrothes Filament, eine rundlich-eiförmige, etwas heller rothe Anthere, deren beide Fächer auf der vorderen und hinteren Fläche so an einander grenzen, dass sie nur durch eine Furche getrennt sind und das Connectiv äusserlich nicht sichtbar ist; die Nath ist auf beiden Seiten ebenfalls tief eingeschnitten, so dass die Anthere durch vier Längenfurchen in vier gleiche Abtheilungen getheilt wird.

Bei der ersten Annäherung zur Carpellform (Tab. I. Fig. 15) wird die Rückenfurche der Anthere, mit Ausnahme ihres oberen Theiles, seichter, ihr Boden breitet sich in eine Fläche aus, so dass an ihre Stelle ein deutliches Connectiv tritt. Dieses Connectiv geht an seinem untern Ende unmittelbar in die Rückenfläche des Filamentes über; das Connectiv, so wie der obere, hintere Theil des Filaments, haben eine grüne Farbe angenommen; das Filament ist etwas kürzer und dicker, als beim normalen Staubfaden. Die vordere Seite der Anthere und des Filaments sind durchaus unverändert.

Bei weiter fortgeschrittener Umänderung (Fig. 16) ist das Connectiv und der obere, hintere, grüne Theil des Filaments breiter geworden, es krümmt sich das ganze Staubgefäss bogenförmig einwärts, so dass seine Rückenfläche dem Rücken eines Ovariums ähnlich wird; zugleich treten auf dem grün gefärbten Theile dieselben drüsentragenden Härchen auf, wie sie auf den Ovarien der Pflanze bemerkt werden. Die hinteren Loculamente der beiden Antherenfächer schmelzen an der Spitze der Anthere zusammen und bilden eine stumpfe, schnabelförmige Verlängerung, welche einwärts gebogen ist und sich über die Spitze der vorderen Loculamente einwärts biegt. Die Furche, welche auf jeder Seite das vordere von dem hinteren Loculamente trennt (in welcher die Nath der Theca liegt), wird in demselben Verhältnisse tiefer, in welchem sich auf der Rückenfläche das Connectiv in die Breite ausdehnt. Anfänglich erhält sich diese Furche gegen die Spitze der Anthere hin noch vollkommen unverändert, an ihrem unteren Ende weicht dagegen das vordere und hintere Antherenfach aus einander und es verlängert sich die auf diese Weise breiter und tiefer gewordene Furche eine Strecke weit am Staubfaden hinab; sowohl die beiden Längenränder der Furche, als die Ränder ihres unteren, im Staubfaden liegenden Endes verlaufen nicht allmählig in die Oberfläche der Anthere und des Filaments, sondern sind in einen vorspringenden Wall zugeschärft, welcher gegen die Furche steil abfällt, dagegen auf der äusseren Seite allmählig in die Anthere und den Staubfaden übergeht. Die Epidermis, welche diese Furche und den innern Theil des sie begrenzenden Walles überzieht, ist glatter als die Epidermis des Staubfadens und Connectives und nie mit Härchen besetzt.

Als dritte Uebergangsstufe (Fig. 17. 18. 19) können wir die Form betrachten, bei welcher sich das Connectiv auf Kosten der hinteren Antherenloculamente so sehr ausbildete, dass es die volle Breite des Ovariumrückens erreichte, und die beiden hinteren Antherenloculamente nicht blos durch das Connectiv auf die Seiten geschoben werden, sondern an ihrem unteren Ende zur Bildung des Connectivs und des die Furche begrenzenden Walles verwendet wurden und nur noch gegen die Spitze der Anthere hin sich erhalten haben. Die schnabelförmig verlängerte Spitze der Anthere zeigt immer noch durch ihre rothe Färbung die Abstammung aus den hinteren Antherenloculamenten an. Die vorderen Loculamente sind noch immer völlig unverändert, das Filament ist sehr verkürzt und umgekehrt conisch, indem es auf seiner hinteren Seite sich allmählig in das breite Connectiv verläuft; das ganze Filament ist grün. Es verdient bemerkt zu werden, dass nicht immer auf beiden Seiten des Staubfadens die Umänderung in gleich hohem Grade fortschreitet; es kann die eine Hälfte noch vollkommen normal sein, wenn die andere Seite bereits die beschriebene Veränderung erlitten hat. Wenn die Antheren bis zu dem beschriebenen Grade verändert sind, so sind ihre Seitenfurchen zum Theil noch leer, meistens jedoch ist der untere Theil derselben, so wie die innere Fläche des sie begrenzenden Walles, mit einer geringeren oder grösseren Menge von Eierchen besetzt. Diese Ovula haben meist ihre volle Ausbildung nicht erreicht, sondern bilden cylindrische zu beiden Seiten über die Anthere vorstehende Protuberanzen, an denen sich Nuc eus und Eihäute noch nicht unterscheiden lassen.

Als vierte Uebergangsstufe (Fig. 21. 22. 24) kommen Antheren vor, bei welchen die stumpfe, aus der Spitze der hinteren Loculamente hervorgegangene Protuberanz pfriemenförmig verlängert ist, eine mehr gerade Richtung besitzt, kaum noch eine schwache, röthliche Färbung zeigt und bereits ihre Bestimmung zum Stylus nicht mehr verkennen lässt. Die vorderen Antherenloculamente haben sich nun auch von unten nach oben zurückgezogen, und sind oft, bis auf eine unbedeutende Spur, welche sich nur noch durch rothe Färbung zu erkennen giebt, verschwunden. Der flügelförmige, die Seitenfurche nach hinten begrenzende Wall, welcher eine unmittelbare Fortsetzung der hinteren Fläche der Anthere bildet und grösstentheils aus der Umwandlung der hinteren Loculamente hervorgieng, hat sich nun zu beiden Seiten gegen die vordere Fläche des Staubfadens vorgebogen, so dass die hintere Seite der Anthere der Rückenfläche eines Ovariums immer ähnlicher wird. Die Seitenfurchen sind noch mehr nach abwärts verlängert und vertieft und enthalten viele Ovula. Auf der vorderen Seite der Anthere ist an die Stelle der verschwundenen vorderen Loculamente eine platte, hautförmige Ausbreitung des im Innern immer noch vollständig vorhandenen Connectivs getreten, welche jedoch schmaler als die hintere Fläche der Anthere ist, so dass theils hiedurch, theils durch die Biegung der hinteren Fläche nach vorwärts die beiden Seitenfurchen auf die Bauchfläche hervorgerückt wurden. Das Filament ist sehr verkürzt und von dem oberen Theile, welcher aus der Umwandlung der Anthere hervorgieng, nun auch auf der vorderen Seite nicht mehr durch eine Einschnürung getrennt. Das Ganze stellt in diesem Zustande ein auf dem Rücken abgerundetes, vorn abgeplattetes Carpell dar, dessen Höhlung jedoch nicht einfach ist, sondern der Länge nach durch das noch vorhandene Antherenconnectiv in zwei Loculamente (Fig. 20 im Querschnitte) getheilt ist, welche sich in zwei parallelen Längespalten am Rande der vorderen, platten Seite öffnen. Die Ovula sitzen theils im Innern der Furche, hauptsächlich aber

an den dieselbe begrenzenden Rändern, sowohl an dem vorderen, als dem hinteren. Auf diese Stufe der Umwandlung gelangen schon einzelne Antheren der äusseren Reihe, vorzüglich aber findet sie sich bei den Antheren der inneren Reihe, welche grösstentheils eine der beschriebenen sich annähernde Beschaffenheit haben.

Der letzte Schritt (Fig. 23. 25) endlich, die Umwandlung dieses durch seine zwei Fächer und die doppelte Längenfurche noch an den Bau der Anthere erinnernden, allein bereits keine Spur von Antherenloculamenten mehr besitzenden Carpells in das gewöhnliche, einfächrige, mit einer Bauchnath versehene Ovarium geschieht auf die Weise, dass die vordere, häutige Ausbreitung des Connectivs (oder vielmehr die häutigen Flügel, welche aus der Umwandlung der vorderen Antherenloculamente hervorgegangen sind) sich von beiden Seiten immer mehr zurückziehen, zuletzt mit dem Connectiv selbst verschwinden und so ein schiffförmiges, auf der Bauchseite weit geöffnetes, an seinen Rändern mit Eiern besetztes Carpell zurücklassen, dessen Spitze sich in einen conischen, an der vorderen Seite von einer schmalen Furche durchzogenen Stylus endigt. Es bedarf jetzt nur noch der in vielen Fällen auch wirklich eintretenden Verwachsung beider Seitenränder zur vollständigen Bildung eines normalen Ovariums.

Aehnliche Uebergänge der Antheren in Carpelle beobachtete ich an einigen Stöcken von ***Papaver orientale,*** an welchen sämmtliche Blüthen diese Missbildung in mehr oder weniger hohem Grade zeigten. Die Blüthen waren in Beziehung auf den Kelch, die Corolle, die äusseren Kreise von Staubfäden und das Pistill normal; dagegen waren die inneren Staubfäden (etwa die Hälfte der sämmtlichen Stamina) mehr oder weniger verändert, der Uebergang derselben in Carpellarblätter desto vollständiger, je näher dem Ovarium ein Staubfaden stand.

Auf der ersten Stufe der Missbildung (Tab. I. Fig. 12) war das Filament und der obere Theil der Anthere noch vollkommen normal, die Abweichung vom gewöhnlichen Baue beschränkte sich auf den unteren Theil der Seitenfurchen der Anthere; diese waren nämlich breiter geworden, indem sich die gefärbten Loculamente der Anthere auf die Seiten und nach oben zurückzogen, wodurch die Nath in eine weisslichgrüne Fläche ausgedehnt wurde. Auf dieser Fläche war eine geringere oder grössere Menge von Eiern zerstreut und dadurch die Bestimmung derselben zur Placenta angedeutet. Während bei den umgewandelten Staubfäden von Sempervivum die Antherennath, je mehr sich die Antherenloculamente umwandelten, sich immer mehr und mehr vertiefte und zu einer Furche aushöhlte, so entstand bei den Staubfäden vom Papaver im Gegentheile an dieser Stelle eine Wucherung des Parenchyms, welche in Form eines vorspringenden Wulstes zwischen dem vorderen und hinteren Loculamente herablief und sich auf den oberen Theil des Staubfadens fortsetzte (Fig. 10. 11 im Querschnitte).

Je mehr sich die Antherenloculamente von unten nach oben verkleinerten, desto grösser wurde diese wulstförmige Placenta, desto dichter war sie mit Eiern besetzt (Fig. 13), desto mehr war das Filament verkürzt und durch die auf dasselbe fortlaufenden Verlängerungen der Placenta verdickt, desto mehr verschwand die frühere Trennung zwischen Anthere und Filament. Die Eier waren theils höchst unvollkommen entwickelte Wärzchen, grösstentheils aber waren sie den normal entwickelten Eiern der Ovarien vollkommen gleich, aus Primine, Secundine und Nucleus zusammengesetzt.

Die Antherenloculamente wurden, so weit sich zwischen ihnen von unten nach oben die Placenta entwickelt hatte, schmäler und enger, ihre Höhlung war jedoch, so weit sich aussen eine rothe Färbung zeigte, erhalten und mit gut ausgebildetem Pollen gefüllt, die Scheidewand zwischen dem vorderen und hinteren Loculamente war, so weit aussen auf ihr die Placenta verlief, sehr verdickt und gieng nach aussen unmittelbar in die Substanz der Placenta über. Bei denjenigen Antheren, welche sich dem Baue des Carpells mehr annäherten, an welchen die Placenta sehr breit geworden und mit einer reichlichen Menge von Eiern bedeckt war, verschwanden die Antherenloculamente, soweit sich die stark entwickelte Placenta erstreckte, völlig.

Bei den Antheren von Sempervivum sahen wir zuerst die hinteren Loculamente verschwinden, während sie zugleich durch starke Entwicklung des Connectivs auf der hinteren Antherenfläche aus einander traten, erst weit später verschwanden die vorderen Loculamente. Etwas Aehnliches, jedoch nicht in gleich hohem Grade ausgesprochen, kam bei Papaver vor. Indem nämlich die Placenta sich verdickte und die Antherenloculamente verdrängte, so zog sie sich zugleich gegen die vordere Antherenfläche hin, wodurch der Rücken der nach dem Verschwinden der Antherenloculamente grün gewordenen Anthere gewölbt wurde (Fig. 14).

Schon oben wurde bemerkt, dass die Entwicklung der Placenta von unten nach oben fortschritt. Bei vielen Staubfäden erreichte sie nur die halbe Länge der Anthere, dann war die obere Antherenhälfte vollkommen normal. Bei anderen reichte sie dagegen bis zur Spitze der Anthere und stiess mit der Placenta der entgegengesetzten Seite zusammen. In diesem Falle war nur ihre untere Hälfte oder ihre unteren zwei Drittheile mit Eiern besetzt, der obere Theil stellte einen glatten, grünlichweissen Strang dar, welcher mit dem der entgegengesetzten Seite an der Spitze der Anthere zusammenfliessend in eine kurze, stumpfe, mit Papillen besetzte Spitze (Fig. 13 *a*) auslief. Diese Spitze konnte leicht für die erste Andeutung eines Stigma gehalten werden. Die Untersuchung solcher Antheren, welche sich dem normalen Carpelle mehr näherten, zeigte dagegen, dass das Stigma sich auf eine andere Weise bildete, und dass jene papillose Endigung der Placenten eher für die erste Andeutung des leitenden Zellgewebes zu halten sei.

Die Bildung des Stigma gieng auf folgende Weise vor sich. Es breitete sich der aus der Umwandlung der hinteren Antherenloculamente hervorgegangene Rand des Carpellrückens auf beiden Seiten flügelförmig aus und schlug sich am obern Ende des Carpells wieder rückwärts um sich selbst zurück, so dass dadurch seine innere und vordere Seite zur äusseren und oberen wurde. Dieser umgeschlagene Rand (Fig. 14 *a*) war dicht mit Papillen besetzt und entsprach dem Stigma des ausgebildeten Carpells. Aus dieser Bildungsweise des Stigma, welches nicht blos die Spitze des Carpells einnahm, sondern zu beiden Seiten eine Strecke weit an seinem Rande herunterlief und daher aus zwei unter einem Winkel zusammenstossenden, wulstartigen Linien bestand, erklärt sich die strahlenförmige Gestalt, welche das Stigma des normal entwickelten Ovariums zeigt, so wie der Umstand, dass die Strahlen über den unvollständigen Scheidewänden und den Placenten des Ovariums stehen und mit dem Rücken der Carpelle alterniren.

Da, wie oben schon bemerkt wurde, die beiden Placenten in demselben Maasse, in welchem die vorderen Antherenloculamente schwanden, sich von beiden Seiten auf der vorderen Antherenfläche einander näherten, so bildeten sie bei solchen Carpellen, bei welchen die vorderen Antherenloculamente vollkommen

verschwunden waren, zwei parallel neben einander laufende, durch eine tiefe und schmale Furche getrennte Wülste. Auf ähnliche Weise findet man auch bei dem normal entwickelten Ovarium von Papaver die Placenten jedes Carpellarblattes einander sehr nahe stehend, und die innere, vordere Fläche des Carpellarblattes sehr schmal. Je mehr die Placenten entwickelt, die Carpellarrücken auf Kosten der hinteren Loculamente ausgebildet waren, desto mehr waren die Filamente verkürzt, breit geworden und desto mehr war ihre Abgrenzung von der Anthere verschwunden.

Die in der Nähe des Ovariums stehenden Staubfäden waren auf die beschriebene Weise vollkommen in Carpelle übergegangen, welche auf der Bauchseite offen standen. Häufig geschah es nun, dass zwei bis vier derselben, welche in einer Linie neben einander standen, mit den Rändern unter einander bis zur Spitze der Narben verwachsen waren und auf diese Weise zwar nicht vollständige Ovarien bildeten, jedoch ziemlich getreu kleineren oder grösseren Abtheilungen des normalen Ovariums entsprachen.

Vergleichen wir nun die Umwandlung der Antheren von *Sempervivum* mit der bei *Papaver* beobachteten, so werden wir dieselbe bei beiden Pflanzen auf eine sehr analoge Weise vor sich gehen sehen.

Bei beiden Pflanzen stand die Entwicklung von Eiern und Pollenkörnern, von Placenten und Antherenloculamenten zwar im Gegensatze zu einander, jedoch nicht so strenge, dass mit dem Anfange der Eiererzeugung sogleich die Pollenproduction erloschen wäre, sondern es bestanden häufig bei noch nicht weit fortgeschrittener Umbildung alle vier Loculamente neben den zwei mit Eiern besetzten Placenten. Die Placenten entwickelten sich bei beiden Pflanzen in der Furche, welche die vorderen von den hinteren Antherenloculamenten trennt. Bei beiden Pflanzen wurde der Rücken des Carpellarblattes durch eine Verbreiterung des hinteren Theiles des Connectivs und durch eine Verschmelzung des Connectivs mit den hinteren Loculamenten gebildet; die innere Fläche des Carpells bildete sich dagegen bei *Sempervivum* auf eine etwas andere Weise, als bei *Papaver*. Bei *Papaver* verkleinerten sich nämlich die vorderen Antherenloculamente immer mehr und mehr, zogen sich gegen den Rücken des Carpells zurück, wodurch sich eine Furche zwischen den wulstartig vorspringenden Placenten bildete, welche sich zur inneren Carpellarfläche umwandelte. Bei *Sempervivum* entwickelten sich dagegen keine wulstförmig vorstehenden Placenten durch Wucherung des sogenannten Receptaculum pollinis, sondern es sank dieses im Gegentheile zu einer Furche ein, über welche sich von der hinteren Seite der Carpellarrücken herwölbte und welche von der Furche der entgegengesetzten Seite durch das stehen gebliebene Connectiv getrennt wurde. Auf diese Weise war das Carpell durch eine falsche, vom Rücken auslaufende Scheidewand in zwei Loculamente getheilt, auf ähnliche Weise wie das Carpell von *Oxytropis* oder *Linum*. Diese als Ueberrest der vorderen Seite des Connectivs stehen gebliebene Scheidewand verschwand erst bei denjenigen Carpellen, welche sich in jeder Beziehung dem Baue des normalen Ovariums möglichst genähert hatten. Der Stylus bei *Sempervivum*, die Narbe bei *Papaver* bildeten sich endlich auf eine sehr analoge Weise. In beiden Fällen waren sie nämlich durch einen von der hinteren Carpellarwandung flügelförmig vorspringenden Rand gebildet, welcher die Placenta von hinten und aussen begrenzte, sich bei *Sempervivum* über die Placenta hinaus an der Spitze des Carpells verlängerte und von beiden Seiten sich nach vorn umschlug, bei *Papaver* dagegen sich rückwärts umrollte und eine sitzende, zweistrahlige Narbe bildete.

Versuchen wir es nun, aus diesen Missbildungen Folgerungen für die Wahrscheinlichkeit der einen oder der andern oben angeführten Ansichten über Antherenbildung abzuleiten, so kommt vor Allem die Untersuchung der Frage in Betracht: sollen wir mit Agardh und Endlicher den Staubfaden als ein mit zwei opponirten Blättern versehenes Achsengebilde betrachten, oder ihn mit Goethe und den übrigen Botanikern für ein metamorphosirtes Blatt erklären?

Eine vollständige Erledigung dieser Frage kann zwar aus Untersuchung dieser Missbildungen allein nicht hervorgehen, sondern sie kann nur das Resultat einer umfassenden Betrachtung aller Verhältnisse der Staubfäden, ihrer Stellung zu den übrigen Blüthentheilen, ihrer Umwandlung in Petala u. s. w. sein, — eine Betrachtung, auf welche wir hier ihres Umfanges wegen verzichten müssen; es mag jedoch vielleicht gelingen, auch nur aus der Betrachtung der speciellen, im Bisherigen beschriebenen Missbildung einige für die Lehre von Entstehung der Staubfäden nicht ganz unwichtige Folgerungen abzuleiten.

Agardh und Endlicher halten beide den Staubfaden für einen Ast, welcher in einer gewissen Höhe zwei opponirte Blätter trägt, welche sich mit den Kelch- und Blumenblättern kreuzen, mit ihrer Mittelrippe an den Ast (das Filament) angewachsen sind, sich mit ihrer Lamina nach Agardh seitwärts und einwärts umgebogen haben, um die beiden Antherenloculamente zu bilden, nach Endlicher dagegen sich nach aussen zu demselben Zwecke umrollen und mit ihren Rändern an ihrer eigenen Mittelrippe anwachsen. Sehen wir nun, in wie weit diese Ansicht verträglich ist mit dem oben beschriebenen Vorgange von der Umbildung der Antheren in Carpelle. In Beziehung auf die letzteren müssen wir von der Ansicht ausgehen, dass jedes Carpell aus der Metamorphose eines einzigen Blattes hervorgegangen ist. Man mag über die Entstehung der Placenten in der Frucht denken, wie man will, sie nach der gewöhnlichen Ansicht für Theile des Carpellarblattes selbst, oder mit Agardh, Endlicher, Fenzl für ein Achsengebilde halten, so viel steht jedenfalls unveränderlich fest, jedes Carpell besteht aus einem Blatte, dessen Unterfläche den Carpellrücken bildet, dessen Mittelnerve die Mittellinie des Carpells einnimmt, dessen Ränder bei geschlossenen Ovarien entweder mit einander oder mit den Rändern anderer Carpellarblätter verwachsen sind. Diese Thatsache, an welcher sich nichts ändern lässt, steht meiner Ansicht nach im directesten Widerspruche mit der Agardh'schen Ansicht von der Antherenbildung.

Wir sahen oben, dass die Anthere dadurch in ein Carpell übergeht, dass ihr Connectiv sich ausbreitet und zum Carpellrücken wird; da nun aber der Carpellrücken das Mittelstück eines Blattes ist, so muss auch das Connectiv, welches sich in den Carpellarrücken umwandelt, dem Mittelstücke eines Blattes entsprechen. Wir sehen ferner dieses Connectiv, wenn es sich an der Anthere ausbildet, eine so unmittelbare Fortsetzung des Staubfadens bilden, dass wir nothwendigerweise Staubfaden und Connectiv für Theile eines und desselben Organes halten müssen; es muss daher auch der Staubfaden ein Blatt, nicht ein Ast sein. Wir sehen ferner in demselben Maasse, wie das Connectiv sich ausbildet, die hinteren Antherenloculamente verschwinden und ihre Substanz zur Vergrösserung des Connectivs, zur Bildung des Stylus und der Narbe verwendet werden, ohne dass weder äusserlich, noch durch eine microscopische Untersuchung des innern Baues auch nur die leiseste Andeutung gegeben wäre, dass die Wandungen dieser Loculamente einem fremden, dem Connective

nur angewachsenen Theile angehören: wir müssen daher nothwendigerweise auch die Antherenvalveln als Theile desselben Blattes, welches das Connectiv und den Staubfaden bildet, betrachten. Wir sehen ferner die Ovula theils am Staubfaden, theils an der Anthere auf einer Längenlinie hervorsprossen, welche zwischen den hinteren und vorderen Antherenloculamenten liegt, also nach der Ansicht von Agardh und Endlicher der unteren Seite des Mittelnerven der seitlichen Blätter entspricht, welche die Antherenvalveln bilden sollen. Das wäre höchst sonderbar, wenn die Agardh'sche Ansicht begründet wäre; denn unter allen Stellen, an welchen wir bei unregelmässig gebildeten Blumenblättern und anderen blattartigen Organen Ovula hervorsprossen sehen, ist gewiss diese Stelle die am allerwenigsten dazu geeignete und es wurde auch meines Wissens noch nie an der Unterfläche des Mittelnerven eines Blattes eine Production von Eiern beobachtet, während sie am häufigsten an den Blatträndern (vgl. Fig. 26—29, welche Darstellungen von unregelmässig gebildeten Blumenblättern von *Nigella damascena,* auf welchen sich Eier entwickelt hatten, geben) hervorsprossen, also gerade an derjenigen Stelle, welche nach der gewöhnlichen Ansicht der Sutur der Antheren entspricht oder ihr wenigstens sehr nahe liegt.

Betrachten wir ferner die oben beschriebenen Carpelle von *Chamaerops,* welche neben der Bauchnath Antherenloculamente enthielten, so wird die Agardh'sche Ansicht von der Antherenbildung noch unbegreiflicher. Dass diese Loculamente blose Aushöhlungen im Carpellarblatte waren, zeigte der Augenschein deutlich, wollte man auch hier die Einwendung machen, es sei mit jedem Rande des Carpellarblattes ein anderes Blatt verwachsen gewesen, so wäre der Ursprung dieses Blattes durchaus nicht zu erklären.

Die Widersprüche zwischen dem, was uns die Natur bei den beschriebenen Uebergängen zwischen Antheren und Carpellen zeigt, und zwischen den Ansichten von Agardh über Antherenbildung sprechen zu deutlich gegen die letzteren, als dass wir sie nicht auch von dieser Seite aus (denn auch von anderen Seiten sind sie zum mindesten eben so gewichtigen Einwendungen ausgesetzt) für völlig widerlegt halten sollten. Betrachten wir nun, in wie ferne die beschriebene Umbildung der Antheren in Carpelle für die Decandolle'sche oder Cassini'sche Ansicht vom Antherenbaue spricht.

Decandolle hält, wie schon oben bemerkt wurde, den Staubfaden für ein Blatt, dessen Ränder sich gegen seine Mittelrippe umgeschlagen und auf diese Weise die Antherenfächer gebildet hätten, und er glaubt, es verwandeln sich bei Umwandlung der Antheren in Carpelle die Pollenkörner in Eier. Es ist unnöthig, mit vielen Worten auseinanderzusetzen, dass diese Vorstellung von Umwandlung der Pollenkörner durchaus ungegründet ist, indem die oben beschriebenen Missbildungen deutlich zeigen, dass die Ovula nicht nur nicht aus den Pollenkörnern, sondern dass sie nicht einmal in den Antherenfächern entstehen; dass die letzteren bei der Umwandlung der Anthere in ein Carpell sich nicht in die Höhlung des letztern öffnen, sondern dass die Antherenloculamente obliteriren und die Carpellwandung aus der Substanz des Connectivs und der Wandungen der Antherenloculamente (besonders der hinteren) gebildet wird, wobei sich dieselben nicht nach Art eines umgerollten Blattes entfalten, sondern ganz einfach sich in die Breite ausdehnen. Der Augenschein lehrt also in diesen Fällen, dass die Anthere nicht auf die von Decandolle vermuthete Weise entstanden sein

kann; auch wäre es nicht wohl begreiflich, wie durch ein einfaches Umrollen des Blattrandes bis zur Mittelrippe auf jeder Seite der Anthere zwei Loculamente sich bilden könnten.

Sehen wir dagegen, in wie weit der beschriebene Vorgang der Umwandlung der Antheren mit der von Cassini und Röper aufgestellten Ansicht über Antherenbildung harmonirt, nämlich mit der Angabe, dass die beiden Antherenfächer durch Anschwellung der Seitenhälften des in die Anthere verwandelten Blattes entstehen, dass die Loculamente Aushöhlungen im Blattparenchyme seien, gefüllt mit veränderten Parenchymzellen (Pollenkörnern), dass die Suturen der Anthere den Blatträndern entsprechen, so müssen wir auf der einen Seite zugeben, dass diese Ansicht zwar mit dem oben erzählten Vorgange der Umwandlung der Antheren in Carpelle in Uebereinstimmung ist, in so ferne es deutlich ist, dass die Wandungen der Loculamente und das Connectiv integrirende Theile desselben Organes sind, dass das Connectiv dem Mittelstücke des veränderten Blattes entspricht, während die Loculamente die nicht eingerollten, sondern der Breite und Länge nach contrahirten, der Dicke nach aufgeschwollenen Seitenhälften desselben sind, dass ferner der Pollen in Aushöhlungen, welche in der Substanz des Blattes selbst liegen, enthalten ist, dass sich die Placenten zwischen den vorderen und hinteren Antherenloculamenten bilden, also an der dem Blattrande entsprechenden Stelle, d. h. an derjenigen Stelle, un welcher wir vorzugsweise Eier hervorbrechen sehen, wenn bei abnorm gebildeten Blüthen auf Blumenblättern u. s. w. sich Eier bilden; auf der andern Seite ist aber auch zu bemerken, dass diese Ansicht nicht in jeder Beziehung den Verhältnissen, welche wir bei den Antheren beobachten, entspricht.

Der Umstand, dass die Pollenkörner nicht als veränderte, von einander isolirte Parenchymzellen zu betrachten sind, wie dieses Cassini und Röper zu einer Zeit, als Ad. Brongniart seine Beobachtungen über die Entstehung der Pollenkörner noch nicht angestellt hatte, angenommen hatten, kann nicht als ein gewichtiger Einwurf gegen jene Theorie gelten, indem man nur die Mutterzellen anstatt der Pollenkörner selbst für veränderte Parenchymzellen erklären dürfte, um diese Theorie auch den heutigen Erfahrungen über die Entstehung der Pollenkörner anzupassen.

Dagegen ist es mir mehr als zweifelhaft, ob die Ansicht, dass die Nath der Anthere dem Blattrande entspreche, in allen Fällen richtig sei. Die Gründe, welche Röper hiefür anführt [1]), nämlich die rothe Färbung der Blattränder und der Antherensutur bei manchen Euphorbien, die Wimpern der Blattränder und der Antherensutur bei vielen Pflanzen, sind allerdings sehr bedeutende, für diese Ansicht sprechende Momente und mögen auch für diese Fälle als gültige Beweise betrachtet werden; allein die Allgemeinheit dieses Verhältnisses wird, wie schon Bischoff (freilich wieder zu allgemein) bemerkte, durch die Uebergangsformen von Blumenblättern in Staubfäden bei vielen Pflanzen, z. B. bei gefüllten Blüthen der *Rosen,* des *Mohns,* der *Nigella damascena,* widerlegt. Bei den Blumenblättern dieser Pflanzen erkennt man nämlich mit Bestimmtheit, dass die vorderen und die hinteren Antherenloculamente nicht einander gegenüber, die ersteren auf der oberen, die letzteren auf der unteren Fläche der Blumenblätter entstehen, sondern dass sich beide auf der

1) Enumerat. euphorb. p. 44.

oberen Blattfläche bilden, das vordere Antherenloculament näher an der Mittellinie des Blumenblattes, das hintere näher am Rande desselben; ferner, dass die beiden Loculamente eines Antherenfaches nicht immer unmittelbar neben einander entstehen, sondern dass sie häufig durch ein ziemlich breites Stück des Blumenblattes von einander getrennt sind und dass dieses Mittelstück sich zur Scheidewand zwischen beiden Loculamenten contrahirt. Dieses Verhältniss ist besonders deutlich bei halbgefüllten Blüthen von *Nigella damascena*, bei welchen an der Stelle der äusseren Staubfadenkreise bläulich- oder grünlichweisse Blätter stehen, welche einen langen, dem Filamente entsprechenden Nagel und eine fiedriggespaltene Lamina besitzen, durch welche letztere sie an die vielfach getheilten Blätter des Involucrums dieser Pflanze erinnern. Wenn an diesen Blättern eine halb ausgebildete Anthere vorkommt, so ist diese in der Regel so beschaffen, dass die beiden vorderen Antherenloculamente parallel neben einander auf der Oberseite des Blattes neben seinem Mittelnerven verlaufen, während die beiden hinteren Loculamente den beiden untersten Blattlappen entsprechen, an deren Rande und zum Theile auf deren oberer Seite sie in einer solchen Richtung liegen, dass sie mittelst ihres unteren Endes mit dem vorderen Antherenloculamente zusammengrenzen, mit ihrem oberen Ende dagegen weit von demselben abstehen.

Da die Antheren der meisten Pflanzen sich auf ihrer inneren Seite öffnen (antherae introrsae), so mag auch dieselbe Entstehung, wie bei *Nigella,* denselben zukommen; die von Röper angeführten Gründe machen es jedoch in hohem Grade wahrscheinlich, dass es allerdings auch Pflanzen giebt, bei welchen die vorderen Loculamente der oberen Blattfläche, die hinteren Loculamente der unteren Blattfläche entsprechen. Bei den mit auswärts sich öffnenden Antheren versehenen Pflanzen entsprechen vielleicht beide Antherenloculamente der unteren Blattfläche, wenigstens ist es meiner Ansicht nach durchaus keinem Zweifel unterworfen, dass dieses bei den *Cycadeen* und *Coniferen* der Fall ist.

Aus den Untersuchungen der oben beschriebenen Umwandlungen der Antheren in Carpelle lässt sich kaum etwas Entscheidendes in Beziehung auf den in Rede stehenden Punct ableiten, indem die Erscheinungen beinahe eben so gut nach der Ansicht von Röper, als nach der von Bischoff gedeutet werden können. Nimmt man nähmlich die Antherensutur für den Blattrand, so ist zuzugeben, dass dieser Ansicht der Umstand entgegen zu sein scheint, dass die Placenten, je mehr sie sich ausbilden und je mehr die Antheren sich in ein Carpell umwandeln, desto mehr auf die innere (obere) Fläche des Carpellarblattes zusammenrücken, und dass in desto höherem Grade ein aus dem hinteren Antherenloculamente gebildeter Blattrand (welcher den Stylus und die Narbe bildet) auf beiden Seiten über die Placenten hinauswächst und sie von hinten nach vorn überwölbt. Dieses Verhältniss scheint dafür zu sprechen, dass diese hinteren Loculamente selbst, und nicht die Placenten, aus dem Blattrande gebildet sind und bei der Umwandlung der Antheren in ein Carpell wieder die ursprüngliche Form annehmen, dass daher der ursprüngliche Blattrand über das hintere Antherenloculament selbst verlaufe. Auf der andern Seite liesse sich aber auch dieses Vorstehen des aus dem hinteren Antherenloculamente gebildeten Carpellarrandes über die Placenta, wenn man diese selbst für den ursprünglichen Blattrand hält, aus einem stärkeren Wachsthume der ganzen unteren Blattseite und einer Wucherung des hinteren Loculaments erklären, wodurch der an den Blattrand unmittelbar anstossende Theil der unteren

Blattfläche in Form eines Wulstes über den Blattrand sich erheben und diesen überwölben würde, eine Annahme, welche an und für sich durchaus nichts Unwahrscheinliches hat.

Da also, nach dem Gesagten, die Untersuchung der in Carpelle sich verwandelnden Antheren keinen Aufschluss über die Lage des ursprünglichen Blattrandes giebt, so lässt sich dieser für die Antheren von *Papaver* und *Sempervivum* blos aus der Untersuchung solcher Antheren ermitteln, welche in ein Blumenblatt übergehen. Ueber diese Umwandlung habe ich bei *Sempervivum* bis jetzt noch keine Gelegenheit gefunden, Beobachtungen anzustellen, wohl aber bieten halbgefüllte Blüthen verschiedener Arten von *Papaver* vielfache Gelegenheit dar, dieses Verhältniss zu untersuchen. Man wird bei halb in Antheren umgewandelten Blumenblättern dieser Pflanzen beständig finden, dass beide Antherenloculamente auf ähnliche Weise, wie es oben von *Nigella damascena* beschrieben ist, auf der oberen Blattfläche entstehen und dass der Rand des Blumenblattes, ohne eine Spur zu hinterlassen, in dem hinteren Antherenloculamente verschwindet.

Man könnte diese Annahme aus dem Grunde für unwahrscheinlich finden, weil, wenn diese Ansicht richtig ist, die Placenten des Carpells nicht dem Blattrande, sondern einem Theile der oberen Blattfläche entsprechen würden. Allein dieser Grund wäre meiner Ansicht nach von keinem grossen Gewichte, indem der Satz, dass die Placenten den Carpellarrändern entsprechen, viel zu allgemein ausgesprochen wurde und vielfache Ausnahmen erleidet; ich möchte im Gegentheil in diesem Umstande, dass die Placenten aus den Antherensuturen hervorgehen, eine Bestätigung eines durch die Organisation vieler Carpelle erweisbaren Satzes finden, nämlich dafür, dass nicht allein die Blattränder, sondern überhaupt die obere Blattfläche einer Umwandlung in Placenten und einer Production von Eiern fähig sei; ein Satz, welcher mir eben so wohl durch die Organisation vieler einsamigen Carpelle (z. B. der *Palmen*), als mancher vielsamigen Carpelle (z. B. von *Butomus, Nymphæa,* von manchen Arten von *Mesembryanthemum,* von *Cupressus* etc.) erwiesen zu sein scheint.

IV.

Ueber die
männlichen Blüthen der Coniferen.

(Dissertation vom Jahr 1837. Mit Zusätzen.)

With the exception of Orchideae, there is perhaps no natural order the structure of wich has been so long and so universally misunderstood as Coniferae. This has arisen from the exceedingly anomalous nature of their organisation, and from the investigations of botanists not having been conducted with that attention to logical praecision wich is now found to be absolutely indispensable.

LINDLEY.

Ungeachtet ihres sehr einfachen Baues wurden die Blüthen der *Coniferen* dennoch der Gegenstand von mannigfacheren Deutungen als die Blüthen von beinahe jeder andern Familie der Phanerogamen. In Beziehung auf die weiblichen Blüthen dieser Pflanzen herrscht nun, seitdem ROBERT BROWN mit seinem gewöhnlichen Scharfsinne ihre Organisation erläuterte, wohl kaum mehr eine bedeutende Meinungsverschiedenheit [1]). Ueber die Organisation der männlichen Blüthen finden wir dagegen in den botanischen Schriften immer noch die abweichendsten Ansichten ausgesprochen. Aus diesem Grunde ist es vielleicht Manchem nicht unerwünscht, wenn ich auf den folgenden Blättern die Beschreibung einer Missbildung, nämlich einiger hermaphroditen Blüthenkätzchen von *Pinus alba* gebe, indem durch dieselbe wenigstens für einen Theil der Coniferen die in Beziehung auf die Organisation der männlichen Blüthen noch stattfindenden Zweifel, wie es mir wenigstens scheint, definitiv gehoben werden.

1) Das hat sich freilich, seitdem das Obige niedergeschrieben wurde, zum Theile geändert. Es wurde nicht nur der Theil der R. BROWN'schen Theorie, gegen welchen man am wenigsten einen Einwurf hätte erwarten sollen, nämlich das Nacktliegen des Ovulums nicht allgemein und namentlich von MIRBEL und SPACH in ihrer vortrefflichen Arbeit über die Entwicklung des Embryos der Coniferen nicht anerkannt, sondern es wurde auch die Ansicht, dass die Schuppen des weiblichen Kätzchens offene Carpellarblätter seien, in Zweifel gezogen, indem nicht nur in neuern Zeiten von verschiedenen Seiten her die Ansicht, dass die Placenta ein Achsengebilde sei, überhaupt vertheidigt wird, sondern speciell von den Coniferen durch SCHLEIDEN (Wiegmann's Archiv. 1837. 310) behauptet wurde, dass die eiertragende Schuppe eine dem Achsensysteme angehörige Placenta sei. SCHLEIDEN giebt an, für diese Ansicht in einem Zapfen von *Pinus alba*, welcher an der untern Hälfte männliche, an der obern Hälfte weibliche Blüthen trug, welcher also wohl mit den Zapfen, die den Gegenstand des vorliegenden Aufsatzes bilden, viele Aehnlichkeit gehabt haben mag, eine glänzende Bestätigung gefunden zu haben, ohne jedoch die Sache näher auszuführen. Als ein Gegner dieser SCHLEIDEN'schen Ansicht trat DON auf (Transact. of the Linnean soc. XVIII. 177. Annal. d. scienc. nat. XII. 234).

Um die Puncte, deren Untersuchung dabei zur Sprache kommen wird, deutlicher hervorzuheben, mag es nicht unpassend sein, der Beschreibung dieser Missbildung eine kurze Uebersicht der Ansichten vorauszuschicken, welche über den Bau der männlichen Coniferenblüthen geäussert wurden.

Hiebei haben wir die Schriftsteller in zwei Abtheilungen zu bringen, je nachdem sie von der Ansicht ausgiengen, dass die Organisation der Vegetationsorgane der Coniferen und Cycadeen mit der Organisation der entsprechenden Organe der übrigen Pflanzenfamilien durchaus übereinstimmen, dass desshalb auch bei der Erklärung des Blüthenbaues nach denselben Grundsätzen, welche aus dem Baue der andern Pflanzen abgeleitet wurden, die Blüthen dieser zwei Familien zu deuten seien, oder je nachdem sie der Ansicht sind, dass die Coniferen und Cycadeen in Beziehung auf ihre Vegetationsorgane wesentliche Verschiedenheiten von den übrigen Gewächsen zeigen, welche auch eine verschiedene Deutung der aus der Metamorphose dieser Organe hervorgegangenen Blüthentheile nothwendig machen.

Zur ersten dieser Abtheilung können wir folgende Schriftsteller rechnen:

Linné scheint das ganze männliche Blüthenkätzchen von *Pinus* als eine einzige Blüthe betrachtet zu haben, indem er die Knospenschuppen, von welchen das Kätzchen umhüllt ist, als den Kelch beschreibt, die Staubfäden als untereinander verwachsen betrachtet und desshalb die Gattung in die Monoecia Monadelphia stellt; für diese Ansicht spricht wenigstens der von Linné aufgestellte Gattungscharacter von *Pinus* [1]):

Cal. Gemmae squamae hiantes, nec alius.

Cor. nulla.

Stam. Filamenta plurima, connata inferne in columnam erectam, apice divisam. Antherae erectae.

Bei *Thuja, Cupressus, Juniperus* betrachtete Linné dagegen das Blüthenkätzchen nicht als eine einzige Blüthe, sondern als ein wahres Amentum, und schrieb jeder einzelnen Blüthe einen aus einer Schuppe bestehenden Kelch zu, an welchem die Antheren angewachsen seien. Bei *Taxus* und *Ephedra* wird wieder das männliche Blüthenkätzchen als eine Blüthe und die Staubfäden als in einen Cylinder verwachsen beschrieben, dabei wird bei *Taxus* die Blüthenhülle als fehlend und durch die Knospenschuppen ersetzt, bei *Ephedra* dagegen ein zweispaltiges Perianthium beschrieben.

Etwas abweichend ist die Deutung, welche Jussieu von der männlichen Coniferenblüthe gab; er betrachtete nämlich auch bei *Pinus* die Staubfäden als zusammengesetzt aus einer Schuppe und zweien, auf der Schuppe aufgewachsenen einfächerigen Antheren [2]), wie dieses Linné von *Thuja* etc. angenommen hatte; er hielt daher das ganze Kätzchen nicht wie Linné für eine monadelphische Blüthe, sondern für ein Amentum. Bei *Ephedra* und *Taxus* sah er dagegen eine monadelphische Blüthe.

Auf ähnliche Weise beschrieben Gaertner, Decandolle, Mirbel u. A. diese Blüthen, und erst Robert Brown [3]) wies auf die Möglichkeit einer andern Deutung hin. Als er nämlich im Jahre 1825 seine Ansicht über den Bau der weiblichen Blüthen der Cycadeen und Coniferen publicirte, so warf er auch einige verglei-

1) Linné, genera plantarum. edit. sexta. Holmiae. 1764. pag. 499.

2) Jussieu, genera plantarum. Par. 1789. pag. 414.

3) Character und Beschreibung von Kingia. Verm. Schrift. T. IV. pag. 75 u. folg.

chende Blicke auf die männlichen Blüthen dieser Gewächse; er sprach sich zwar nicht bestimmt über die morphologische Beschaffenheit derselben aus und erklärte selbst, dass er den Theil seiner Untersuchungen, welcher sich auf die Analogie der männlichen und weiblichen Blüthen bei den Cycadeen und Coniferen beziehe, als den am wenigsten befriedigenden betrachte, jedenfalls aber wies er auf die Unhaltbarkeit der früher gehegten Ansichten hin. Die auf diesen Gegenstand sich beziehenden Stellen sind folgende: „Wenn nun aber die Eichen der Cycadeen und Coniferen wirklich auf der Oberfläche eines Fruchtknotens entspringen, so könnte man vielleicht, wenn schon nicht mit Sicherheit, erwarten, dass auch ihre männlichen Blüthen von denen aller phanerogamischen Pflanzen abweichen, und in dieser Abweichung einige Analogie mit dem Bau der weiblichen Blüthe darbieten würden. Und wenigstens bei den Cycadeen, vorzüglich bei Zamia, ist die Aehnlichkeit zwischen dem männlichen und weiblichen Kolben so gross, dass wenn der weibliche einem Fruchtknoten analog ist, jeder besondere männliche Kolben als eine einzelne Anthere betrachtet werden muss, die auf ihrer Oberfläche entweder nackte Pollenkörner hervorbringt, oder in Massen abgetheilten Pollen, deren jede mit ihrer eigenen Haut versehen ist. Diese beiden Ansichten mögen jetzt vielleicht gleich paradox erscheinen; doch wurde die erstere von Linné gehegt, der sich selbst darüber mit folgenden Worten ausdrückt: pulvis floridus in cycade minime pro antheris agnoscendus est, sed pro nudo polline, quod unusquisque qui unquam pollen antherarum in plantis examinavit, fatebitur. Dass diese von Linné so zuversichtlich ausgesprochene Meinung von keinem andern Botaniker angenommen wurde, scheint zum Theil darin seinen Grund zu haben, dass er sie auf die eigentlichen Farnen mit fructificirendem Laube ausdehnte. Indess auf die Cycadeen beschränkt scheint sie mir nicht so ganz unwahrscheinlich, dass sie ungeprüft verworfen zu werden verdiente. Wenigstens wird sie einigermassen unterstützt durch die verschiedentlich, namentlich bei den americanischen Zamien, vorkommende Trennung der Körner in zwei gesonderte und zugleich beinahe am Rande stehende Massen, die gleichsam die Lappen einer Anthere darstellen; so wie auch durch ihr Beisammenstehen in bestimmter Zahl, gewöhnlich zu vieren, gleich wie die Pollenkörner in den Antheren verschiedener anderer Pflanzenfamilien nicht selten zu vieren vereinigt sind. Die ungewöhnliche Grösse der angenommenen Pollenkörner, so wie die Dicke und das regelmässige Aufspringen ihrer Membran, lassen sich betrachten als offenbar abhängend von ihrer Entstehung und Fortbildung auf der Oberfläche einer von der weiblichen Blüthe entfernten Anthere; und bei dieser Einrichtung lässt sich auch eine entsprechende Ausdehnung der enthaltenen Theilchen oder der Fovilla erwarten. Ja, meiner Untersuchung zufolge, sind diese Theilchen nicht nur an Grösse den Körnern vieler Antheren gleich, sondern sie sind auch elliptisch und an einer Seite mit einer Längsfurche versehen, welche Form eine der gemeinsten ist bei den einfachen Pollenkörnern phänogamischer Pflanzen. Ob demnach blos aus den angeführten Gründen anzunehmen sei, dass diese Theilchen der Fovilla und die darin enthaltenen Organe den Pollenkörnern der gewöhnlichen Antheren analog seien, mag Jeder für sich selbst entscheiden. Es verdient nur noch bemerkt zu werden, dass wenn diese Ansicht aus genügenden Gründen anzunehmen wäre, zugleich eine einander entsprechende Entwicklung der wesentlichen Theile der männlichen und weiblichen Organe sich ergeben hätte“

„Die zweite hier erwähnte Ansicht, nach welcher angenommen wurde, dass die Anthere der Cycadeen

auf ihrer Oberfläche eine unbestimmte Zahl von Pollenmassen hervorbringe, deren jede in ihre besondere Haut eingeschlossen sei, würde lediglich durch einige entfernte Analogien unterstützt werden: wie durch diejenigen Antheren, deren Fächer in eine bestimmte oder seltener unbestimmte Zahl von Zellen abgetheilt sind, und vorzüglich durch den Bau der Staubfäden von *Viscum album.*"

„Ich darf erinnern, dass Herrn RICHARD's Meinung, welcher diese Körner oder Massen als einfächerige Antheren betrachtet, deren jede eine männliche Blüthe ausmacht, fast eben so grossen Schwierigkeiten unterworfen zu sein scheint."

„Das Dasein eines offenen Fruchtknotens vorausgesetzt, ist die Analogie unter den männlichen und weiblichen Organen auf den ersten Blick einleuchtender bei den Coniferen, als bei den Cycadeen. Bei den Coniferen jedoch ist der Pollen gewiss nicht nackt, sondern in eine den Lappen einer gewöhnlichen Anthere ähnlichen, Membran eingeschlossen. Und bei denjenigen Gattungen, wo jede Schuppe des Kätzchens nur zwei Lappen am Rande hervorbringt, wie bei *Pinus, Podocarpus, Dacrydium, Salisburia* und *Phyllocladus,* gleicht diese genau der gewöhnlichsten Antherenform anderer phänogamischer Pflanzen. Aber auf Schwierigkeiten stossen wir bei denjenigen Gattungen, die eine grössere Zahl von Lappen auf jeder Schuppe haben, wie *Agathis* und *Araucaria,* wo ihre Zahl beträchtlich und offenbar unbestimmt ist, und ganz besonders noch bei *Cunninghamia* oder *Belis,* bei welcher die Lappen, obgleich nur drei an der Zahl, sowohl in dieser Hinsicht, wie auch in ihrer Anheftung und Richtung mit den Eichen übereinstimmen. Die Annahme, dass in solchen Fällen alle Lappen derselben Schuppe Zellen einer und der nämlichen Anthere seien, wird nur wenig unterstützt, sowohl durch den Ursprung und die Anordnung der Lappen selbst, als durch den Bau anderer phänogamischer Pflanzen, indem die einzigen Fälle einer anscheinenden, wiewohl zweifelhaften Analogie, deren ich mich jetzt erinnern kann, bei *Aphyteia* und vielleicht bei einigen Cucurbitaceen vorkommen."

Die Deutung der männlichen Coniferenblüthe, welche RICHARD [1]) in seiner prachtvollen Monographie der Coniferen gab, weicht in mancher Hinsicht von den Ansichten seiner Vorgänger ab. Es bestehen nach seiner Angabe die männlichen Blüthen im wesentlichen aus einem oder mehreren Staubfäden ohne irgend eine Blüthenhülle, welche bei der Mehrzahl der Gattungen von einer Schuppe von einer sehr veränderlichen Form begleitet sind, mit welcher sie zuweilen enge verwachsen sind. Die Staubfäden sind sitzend. Bei einigen Gattungen werden die Antheren von einem Stiele getragen, welchen man beim ersten Anblick für einen Staubfaden halten könnte, welcher aber sehr deutlich der Schuppe angehört, welche ziemlich häufig jede männliche Blüthe begleitet; auch sieht man diesen Stipes in allen Fällen fehlen, in welchen die Schuppe nicht vorhanden ist, zum deutlichen Beweise, dass er von derselben abhängig ist, z. B. bei *Podocarpus, Cycas* und *Zamia.* Als vorzüglichste Modificationen dieser Blüthen werden folgende angegeben. Bei *Podocarpus chilinus* stehen die männlichen Blüthen in Kätzchen, deren Achse von sitzenden Staubfäden bedeckt ist. Jeder dieser Staubfäden ist als eine männliche Blüthe zu betrachten. Sie besteht aus zwei einfächerigen Antheren, welche enge mit einander an ihrer innern Seite verwachsen und ohne Spur einer Schuppe an der Achse des

1) Mémoires sur les conifères et les cycadées. Par. 1826. pag. 94.

Kätzchens angewachsen sind. Bei *Phyllocladus rhomboidalis* und *Salisburia Ginkgo* ist die Vertheilung der Blüthen die gleiche, allein jede Blüthe ist von einem kleinen cylindrischen Stipes getragen, welcher sich in eine sehr kleine gezähnte Schuppe endigt; jede Anthere ist mit ihrem obern Theile an diesem Stipes angewachsen, einfächerig und öffnet sich in einer Längenfurche. Die Stellung und die Structur der männlichen Blüthen der Tannen, Föhren, Lerchen und Cedern ist ungefähr dieselbe, nur sind ihre Antheren an ihrer innern Seite mit einander verwachsen und ihrer ganzen Länge nach an den Stipes angewachsen. In allen diesen Fällen trägt der Stipes und die Schuppe, in welche er sich endigt, nur eine einzige Blüthe. Bei andern Arten ist dieser Träger mehreren Staubfäden gemeinschaftlich, dann gewinnt die terminale Schuppe ein bedeutenderes Wachsthum, wird scheibenförmig und die Staubfäden sind theils auf ihrer untern Fläche, theils auf der Spitze des Stipes inserirt. So sind bei *Thuya, Juniperus, Callitris, Cupressus* unterhalb jeder Schuppe gewöhnlich zwei Blüthen, von denen jede aus zwei einfächerigen und sitzenden Antheren gebildet wird. *Taxus* besitzt deren fünf bis acht unter jeder Schuppe, deren Stiel in der Mitte ihrer untern Fläche befestigt ist. *Ephedra* bildet eine wahre Ausnahme durch das Involucrum, welches die Blüthen umhüllt. Bei *Agathis* und *Araucaria* entfernen sich die Blüthen etwas von der bisher beschriebenen Organisation, indem bei *Agathis* zehen bis fünfzehen Antheren auf der obern Seite der Schuppe in zwei Reihen stehen, bei *Araucaria* zwölf bis zwanzig Antheren auf der untern Fläche der Schuppe ebenfalls in zwei Reihen befestigt sind.

Als Vertheidiger der zweiten, von Rob. Brown geäusserten Ansicht trat Lindley [1]) auf, indem er als Familiencharakter der männlichen Blüthe angiebt: sie ist monandrisch oder monadelphisch; jedes Blüthchen besteht aus einem einfachen Staubfaden, oder aus wenigen, welche verwachsen und rings um eine gemeinschaftliche Spindel zu einem abfallenden Kätzchen gesammelt sind; die Antheren sind zweifächerig oder vielfächerig, öffnen sich nach aussen und endigen sich häufig an der Spitze in einen Kamm, welcher ein nicht umgewandelter Theil der Schuppe ist, aus welcher jeder Staubfaden sich bildete. Als nähere Erläuterung dieser Beschreibung führt Lindley folgendes an: „In Hinsicht auf die männlichen Blüthen ist es offenbar, dass bei der *Lerche,* der *Ceder* vom Libanon, der *Sprucefichte* und ähnlichen jede Anthere von einer theilweise umgewandelten Schuppe gebildet wird, welche der verhärteten Carpellarschuppe der weiblichen Blüthen analog ist; desshalb besteht jedes Kätzchen aus einer Anzahl monandrischer männlicher Blüthen, welche um eine gemeinschaftliche Achse gesammelt sind. Einige Botaniker betrachten jedoch jedes männliche Kätzchen als eine einfache monadelphische männliche Blüthe, was unmöglich ist. Bei *Araucaria* nehmen die Antherenfächer nur eine Seite einer gewöhnlichen flachen Schuppe ein. Bei dieser und bei den übrigen im Bau mit ihr übereinstimmenden Gattungen kann man annehmen, dass die Antheren aus einer unbestimmten Anzahl von Fächern bestehen und in dieser Hinsicht von der gewöhnlichen Structur der männlichen Organe der Pflanzen abweichen; bei denjenigen Coniferen, deren Antheren normal sind, haben

1) Introduct. to the natur. system of botany. sec. edit. p. 314.

wir zwei Fächer; bei *Ephedra* vier; bei *Juniperus* dieselbe Anzahl; bei *Cunninghamia* nur drei; bei *Agathis* vierzehen; bei *Araucaria* von zwölf bis zwanzig.

In der neueren Zeit sprach sich Don (Ann. des sc. nat. T. XII) wie Lindley dahin aus, dass die Coniferenanthere nicht aus mehreren Antheren zusammengewachsen sei. Diese Ansicht gründete er auf die Aehnlichkeit dieser Antheren mit den Bracteen der Coniferen, auf dem hiedurch vermittelten Uebergang der Antheren in gewöhnliche Blätter, auf die Nervenvertheilung der Antheren, welche mit dem Verlaufe der Nerven eines einfachen Blattes übereinstimme, endlich darauf, dass die Antheren von *Pinus* und *Arthrotaxis* die Charactere einer einfachen Anthere zeigen.

Die gleiche Ansicht, dass die Coniferen einfache, zwei- oder mehrfächerige Antheren besitzen, haben Endlicher (genera plant. 258), Kunth (fl. berolin. II. 220) und E. Meyer (Preussens Pflanzengattungen 71), der letztere jedoch nur in Beziehung auf die zweifächerigen Antheren, indem er die mehrfächerigen Staubgefässe für monadelphisch erklärt.

Stellen wir diese über den Bau der männlichen Coniferenblüthe aufgestellten Ansichten zusammen, so erhellt, dass die Organisation dieser Blüthen auf eine sechsfache Weise gedeutet wurde, dass der Hauptpunkt ihrer Abweichung darin liegt, dass die einen jede Antheren tragende Schuppe für ein Staubgefäss erklären, während die andern der Ansicht sind, dass die Antheren ein von der Schuppe verschiedenes Organ und auf derselben blos angewachsen seien. Die Anhänger der letzteren Ansicht müssen natürlicherweise jede solche Antheren tragende Schuppe für eine besondere Blüthe und somit das männliche Kätzchen für ein wahres Amentum erklären, diejenigen, welche die Schuppe für einen Staubfaden halten, zerfallen wieder in zwei Parthien, je nachdem sie alle Staubfäden eines Kätzchens als zu einer Blüthe gehörig betrachten oder einen jeden Staubfaden für eine monandrische Blüthe erklären. Hieraus gehen folgende Modificationen hervor:

1) Das männliche Blüthenkätzchen ist eine einzelne Blüthe mit monadelphischen Staubfäden; die Blüthe ist entweder nackt oder in seltneren Fällen von einer Blüthenhülle umgeben.

Diese Ansicht äusserte Linné von *Pinus, Taxus, Ephedra*, Jussieu von *Taxus* und *Ephedra*.

2) Die mit Antheren besetzten Schuppen des Blüthenkäzchens entsprechen Antheren, welche eine bestimmte oder unbestimmte Anzahl von nackten Pollenmassen tragen, die Fovillakörner dieses Pollens besitzen einen ähnlichen Bau wie die Pollenkörner der übrigen Pflanzen.

Rob. Brown's jedoch nur von den Cycadeen geäusserte erste Ansicht.

3) Die mit Antheren besetzten Schuppen des Blüthenkätzchens sind wahre Staubfäden, deren Antheren zwei- bis vielfächerig sind.

Rob. Brown's zweite Ansicht. Dabei ist nicht ausgesprochen, ob das ganze Kätzchen als eine einfache Blüthe oder als ein wahres Kätzchen betrachtet wird; sollte das letztere gemeint sein, so fällt diese Ansicht mit der zunächst aufzuführenden zusammen.

4) Das Kätzchen ist ein wahres Kätzchen, dessen Blüthen entweder monandrisch oder monadelphisch, in jedem Falle aber nackt sind. Die Staubfäden sind zwei- bis vielfächerig.

a) Die Achse des Kätzchens ist mit monandrischen Blüthen besetzt nach Lindley, Kunth, Don bei *Pinus* und den verwandten Gattungen.

b) Die Achse des Kätzchens ist mit monadelphischen Staubfäden besetzt, nach Lindley bei *Taxus* und *Ephedra*, nach E. Meyer bei allen mit mehrfächerigen Antheren versehenen Gattungen.

5) Das Kätzchen ist ein wahres Kätzchen mit lateralen Blüthen, deren Staubfäden einfächerig sind und zu zwei oder mehreren auf Schuppen, welche den Kelch vorstellen, stehen.

Nach Linné bei *Cupressus, Thuja, Juniperus.*

6) Das Kätzchen ist ein wahres Kätzchen, die Blüthen ohne Blüthenhülle, meistens aber mit einer Schuppe (Bractea?) versehen, auf welcher die einfächerigen Antheren sitzen.

Nach Jussieu und Richard bei der Mehrzahl der Coniferen, z. B. bei *Pinus, Abies, Cupressus, Juniperus, Araucaria* etc. Nach Richard kann auch die Schuppe fehlen, in welchem Falle die Antheren unmittelbar auf der Spindel des Kätzchens aufsitzen; mit einer Schuppe kann entweder nur eine Blüthe (d. h. zwei einfächerige Antheren) verwachsen sein, oder es können auch mehrere Blüthen mit einer Schuppe verwachsen.

Von den bisher besprochenen Ansichten wesentlich verschiedene Meinungen wurden von solchen Botanikern aufgestellt, welche der Ansicht sind, dass die Vegetationsorgane der Coniferen und Cycadeen von denen der übrigen Pflanzen darin abweichen, dass ihre Blätter keine wahren Blätter und keine den Achsengebilden gegenüber zu stellende Bildungen sind. In dieser Beziehung sind vorzugsweise Miquel und Zuccarini zu nennen.

Miquel (monogr. cycadearum p. 8) findet es sowohl bei den Coniferen als Cycadeen für wahrscheinlich, dass die Blätter gespaltene Aeste *(rami fissi)* seien. Da es nun gar keinem Zweifel unterworfen sei, dass bei den Cycadeen die antherentragende Schuppe einem solchen Blatte entspreche, so dürfe man dieselbe auch nicht für ein metamorphosirtes Blatt erklären, um so mehr, da ihre Antheren nicht in ihrem Parenchyme, sondern auf ihrer Oberfläche sich entwickeln. Denselben Schluss zieht Miquel zwar nicht speciell auch für die Coniferen, da er aber in Beziehung auf ihre Blätter derselben Ansicht, wie bei den Cycadeenblättern ist, so folgt daraus, dass er auch für ihre Antheren denselben Ursprung annimmt.

Sehr speciell untersuchte Zuccarini (Beiträge zur Morphol. d. Coniferen. Abh. d. Acad. zu München III. 794) die morphologischen Verhältnisse der männlichen Coniferenblüthe. Er geht von der Bildung des Blattes dieser Pflanzen aus und erinnert daran, dass bei den Coniferen ein Schwanken der Blätter und Zweigbildung vorkomme, insoferne nicht blos häufig Seitenachsen unterdrückt und durch einen Blätterbündel angedeutet seien, sondern auch bei *Thujopsis* und *Thuja* die ganze nach unten gewendete Seite eines Zweiges die Function der Unterseite des Blattes übernehme und insbesondere bei *Phyllocladus* die Blätter durch Zweigphyllodien ersetzt seien. Man müsse auch bei der männlichen Blüthe einen ähnlichen Mittelzustand zwischen Blüthenachse und einem einzelnen Staubfadenblatte annehmen, es hätten diese Staubgefässe wohl die Form eines Blattes, man müsse aber für dieselben die Bedeutung einer Achse in Anspruch nehmen. Zuccarini ist der Ansicht, man müsse bei der morphologischen Betrachtung dieser Anthere von der vollkommensten

Form, wie sie bei *Taxus* vorkomme, ausgehen, bei welcher Anthere 7 — 8 Fächer in einem Kreise auf der Spitze eines Mittelsäulchens stehen. Er fährt nun fort: „wenn wir nun auch nicht wagen wollen, diese Bildung als einen wahren Kreis von ursprünglich getrennten Staubgefässen zu deuten und ihm damit völlig gleiche Geltung mit den männlichen Blüthen anderer Pflanzen anzusprechen (obgleich sogar die Jugendbildung bei Taxus dafür zu sprechen scheint), so haben wir jedenfalls hier doch eine symmetrisch nach allen Seiten abgeschlossene Entwicklung, welche immerhin als das vollständigste den Coniferen zustehende Analogon' einer abgeschlossenen männlichen Blüthe angesehen werden kann, oder wenn wir uns so ausdrücken dürfen, den gelungensten Versuch, das Blatt zur selbstständigen Achse zu erheben.“ Den Uebergang von der Taxusblüthe zu der der übrigen Coniferen bildet die von *Araucaria* und *Damara*, bei welcher 6 — 8 und mehr Antherenfächer, die sich alle nach innen öffnen, in zwei Reihen scheinbar auf der Basis einer gestielten Schuppe stehen; es würde sich eine flach gedrückte Taxusblüthe, wenn ihre Scheibe am Scheitel nicht flach, sondern in einen kegelförmigen Fortsatz verlängert wäre, genau ebenso verhalten; bei der Blüthe von Araucaria sei der Kreis, in welchem bei Taxus die Antherenfächer stehen, zu einer sehr gedehnten Ellipse verzogen, deren Seiten gewöhnlich als zwei gesonderte Reihen gelten. Bei allen übrigen Gattungen treten nur grössere Störungen in der Art ein, dass sich Staubbeutelfächer nicht rings um das Säulchen, sondern nun auf der einen Hälfte des Kreises entwickeln, die andere Hälfte dagegen mehr oder minder durch eine halbkreisförmige Schuppe dargestellt werde; damit trete mehr und mehr die Aehnlichkeit mit einem gewöhnlichen Staubfaden hervor, allein diese verkümmerten Formen dürfe man nicht als Typus annehmen. Wenn diese Ansichten richtig seien, so stehen an der Achse des männlichen Kätzchens eben so viele gesonderte Blüthen, als Staubgefässe; diese Blüthen wären aber nicht so stark ausgeprägte Individuen, als in andern Familien, sondern hielten in Form und Wesen die Mitte zwischen selbstständigen Achsen und einzelnen zur Anthere gesteigerten Blättern und entsprechen den schwankenden Bildungen der grünen Theile, wo Blatt und Zweig ebenso in einander spielen. Dafür spreche auch der Umstand, dass das Kätzchen ästig werden könne, wie bei *Podocarpus Nageia.* Bei den Cycadeen hätte man die einzelne Schuppe des männlichen Zapfens nicht mit einer einseitig entwickelten Blüthe von *Pinus* zu vergleichen, sondern der Cycadeenzapfen sei ein zusammengesetztes Kätzchen, dessen secundäre Achsen nur auf ihrer Rückseite Blüthen produciren, welche in Beziehung auf ihre Organisation grosse Aehnlichkeit mit der Blüthe von *Taxus* haben.

Gehen wir nun nach dieser Uebersicht der über die Bildung der männlichen Coniferenblüthen geäusserten Ansichten zu der Beschreibung der schon oben berührten Missbildung über, und vergleichen wir alsdann, in wie weit diese verschiedenen Ansichten in Uebereinstimmung oder im Widerspruche mit den Resultaten dieser Untersuchung stehen.

Diese Missbildung fand ich an mehreren weiblichen Blüthenkätzchen von *Pinus alba* [1]), an deren

1) Ich fand etwa sechs Kätzchen, welche auf gleiche Weise missgebildet waren, an einem Baume dieser Art im hiesigen botanischen Garten im laufenden Jahre, an einem zweiten Baume konnte ich keine Missbildung dieser Art auffinden. Die Missbildung wiederholte sich am ersteren Baum in mehreren Jahren hinter einander.

unterer Hälfte die Blüthen mehr oder weniger vollständige Uebergänge zu männlichen Blüthen bildeten, während die obere Hälfte mit vollkommen normalen weiblichen Blüthen besetzt war, welche auch bei denjenigen Exemplaren, welche längere Zeit am Baume stehen blieben, sich regelmässig zur Frucht zu entwickeln anfiengen.

Alle diejenigen Blüthen, welche einen Uebergang zu männlichen Blüthen bildeten, bestanden, wie die normalen weiblichen Blüthen, aus zwei Organen, nämlich der Bractee und dem in ihrer Achsel stehenden Carpellarblatte; jeder dieser Theile wich vom normalen Typus ab, die Bractee war nämlich mehr oder weniger vollständig in einen Staubfaden verwandelt und das Carpellarblatt war, je vollständiger diese Umwandlung der ihm zugehörigen Bractee vor sich gegangen war, desto kleiner und weniger entwickelt.

Die untersten Blüthen (Tab. I. Fig. 1) der in Rede stehenden Kätzchen wichen nicht bedeutend von der Bildung der normalen weiblichen Blüthen ab, als in so fern sie weit kleiner waren und an ihrem Carpellarblatte die Ovula sich nicht entwickelt hatten. Die Form der Bractee (*b*) und des Carpellarblattes (*c*) war dagegen ziemlich normal, nur waren beide beinahe vollkommen grün und zeigten nicht die schöne rothe Farbe der entwickelten weiblichen Blüthen.

Bei den weiter oben an den Kätzchen stehenden Blüthen wurde das Carpellarblatt kleiner und hauptsächlich schmäler, seine Ränder schlugen sich etwas nach oben um, und das Ganze erhielt eine Zungenform (Fig. 2 — 6 *c*).

Bei der höchsten Entartung wurde das Carpellarblatt sehr klein, so dass es nur mit der Lupe deutlich zu sehen war, und stellte eine unregelmässig zusammengefaltete Schuppe (Fig. 8 *c*) dar. Zugleich war es, je weiter es vom normalen Baue abwich, desto mehr grün und nur stellenweise hellroth gefleckt. Eier fanden sich an keinem dieser veränderten Fruchtknoten.

In demselben Maasse, wie sich das Carpell verkleinerte, bildete sich die Bractee mehr aus, nicht sowohl in Hinsicht auf ihre Grösse, als in Hinsicht auf ihre Zusammensetzung. Bei den untern Blüthen zeigte sich auf der äussern (untern) Seite der Bractee über ihrer Basis eine rundliche Anschwellung von gelblich grüner Farbe, welche in ihrem Innern eine, Pollenkörner enthaltende, einfache Höhlung besass (Fig. 1 — 5 *a*). Der obere Theil der Bractee blieb dünnhäutig, schuppenförmig, und war gegen den unteren, senkrecht auf der Achse des Kätzchens stehenden Theil rechtwinklig umgebogen (Fig. 3 — 6 *b*), so dass er, wie das Carpellarblatt, senkrecht in die Höhe stand. Da zwischen dieses schuppenförmige Ende und die Basis der Bractee die pollenhaltende Anschwellung eingeschoben war, so bildete dieses schuppenförmige Ende eine ähnliche Crista auf der obern Seite der Anthere, wie bei der normalen Anthere von Pinus, und war nicht, wie bei der normalen weiblichen Blüthe unmittelbar an die äussere Fläche des Carpellarblattes angedrückt, sondern stand um die Dicke der einfachen Anthere von ihr ab. Auf der obern Seite dieser Bracteen verlief von ihrem Insertionspunkt aus bis gegen ihre Spitze längs ihrer Mittellinie ein etwas erhabener Kiel (Fig. 4. 5), welcher dem Connective der normalen Anthere entsprach. An der Basis war die ganze Bractee zwar etwas contrahirt, aber nicht so stark, dass man diesen Theil ein wirkliches Filament nennen konnte.

Bei denjenigen Bracteen, welche sich in ihrer Bildung der normalen Anthere noch mehr näherten (und diess war die Mehrzahl derselben), fanden sich auf der äusseren (unteren) Seite statt einer einfachen in der Mittellinie liegenden, Pollen enthaltenden Anschwellung, zwei, den Seitenrändern der Bractee genäherte Anschwellungen (Fig. 6. 7*a*) von länglicher, ovaler Form und gelber Farbe, welche der Länge nach eine vertiefte Sutur besassen, und an ihrem hintern Ende zum Theile von der Bractee losgelöst waren (Fig. 9*a*), auf ähnliche Weise, nur in weit geringerem Grade, wie die Antherenloculamente von *Araucaria* etc. von hinten nach vorn von der Schuppe losgelöst sind. Von den normalen Staubfäden unterschieden sich diese Formen blos durch verhältnissmässig geringe Grösse der Anthere, bedeutendere Grösse der Crista und gänzlichen Mangel eines Filamentes. Ein Theil dieser Antheren sprang, wie die Antheren der männlichen Kätzchen, der Länge nach in den Suturen auf, streute den Pollen aus und vertrocknete alsdann; ein anderer Theil dagegen blieb geschlossen und erhielt sich noch mehrere Wochen lang nach dem vol endeten Blühen des Baumes frisch und saftig, woraus offenbar erhellt, dass diese Blätter weniger die Beschaffenheit der Staubgefässe angenommen hatten, als noch die der Bracteen besassen, welche bei den weiblichen Blüthen von Pinus sich bis gegen die Zeit der Fruchtreife hin saftig erhalten.

Ausser der Entwicklung von Antherenloculamenten zeigten die meisten dieser metamorphosirten Bracteen noch die merkwürdige Abweichung vom gewöhnlichen Baue, dass zu beiden Seiten ihrer Basis und mehr gegen ihre obere als untere Seite hin zwei flügelförmige Anhänge standen, welche bald mehr eine hautförmige Beschaffenheit hatten, bald mehr zapfenähnlich waren (Fig. 3—90). Diese letztere Form, sowie die Richtung dieser Anhänge lassen beinahe vermuthen, dass dieselben unvollständig ausgebildete Ovula waren. Wäre diese Annahme, was ich keineswegs behaupten will, begründet, so würde dasselbe Blatt zum weiblichen und männlichen Fructificationsorgane, wenn gleich auf eine unvollkommene Weise, ausgebildet gewesen sein.

Gehen wir nun aber zu den Schlussfolgerungen über, zu welchen die beschriebene Missbildung meiner Ansicht nach, berechtigt.

Wir dürfen wohl als unzweifelhafte Basis, von der wir ausgehen können, annehmen, dass die Bracteen, in deren Achsel die Kätzchenschuppen stehen, als Blätter zu betrachten sind. Aus der beschriebenen Umwandlung dieser Bracteen in gestielte, nach oben in eine Schuppe sich endigende, zweifächerige Antheren, welche zwar mit den Antheren der männlichen Kätzchen in Beziehung auf ihre Form nicht durchaus übereinstimmen, welche aber dennoch denselben in allen wesentlichen Beziehungen so ähnlich waren, dass eine Parallele zwischen denselben klar in's Auge fällt, scheinen mir zwei Puncte festzustellen zu sein:

1) Jede zweifächerige Anthere von *Pinus* und den verwandten Gattungen ist aus der Metamorphose eines einzigen Blattes hervorgegangen, wie dieses auch Robert Brown, Lindley, Don annehmen; es ist daher durchaus kein Grund vorhanden, mit Jussieu, Richard u. A. die Antherenfächer für einfächerige Antheren, welche auf einem schuppenförmigen Organe (Kelch oder Bractee) aufgewachsen sind, zu erklären.

2) Die Antheren von *Pinus* entstehen aus Blättern, welche der Achse des männlichen Blüthenkätzchens selbst angehören und sind nicht, wie dieses Lindley annahm, als laterale, monandrische Blüthen zu betrachten, sie sind daher nicht den Carpellarblättern des weiblichen Kätzchens analog.

Wenn sich diese beiden Puncte, wie mir der Fall zu sein scheint, unzweifelhaft aus jener Missbildung ableiten lassen, so dürfen wir wohl auch einen Schritt weiter gehen und dieselbe Entstehung aus Einem Blatte auch für die mehrfächerigen Antheren von *Thuja, Juniperus, Cupressus, Cunninghamia* in Anspruch nehmen, anstatt dieselben aus einer Verwachsung mehrerer Staubfäden, die auf einem besondern Träger stehen, abzuleiten. Eine solche Verwachsung mehrerer Staubfäden wäre blos dann möglich, wenn die Schuppe, auf welcher die Antherenloculamente sitzen, nicht als ein der Achse des Kätzchens angehörendes Staubgefässblatt zu betrachten wäre, sondern wenn sie entweder aus einem secundären Aste bestehen würde, welcher mit Blättern, die in Staubgefässe verwandelt sind, besetzt wäre, oder wenn dieselbe aus der Vereinigung eines Blätterbüschels entstünde, welcher einem secundären Aste angehörte, der zwar nicht selbst zur Entwicklung käme, dessen Blätter jedoch (analog den Blattbüscheln von *Pinus, Larix* u. a.) sich entwickelt hätten. In diesen Fällen wäre es allerdings leicht erklärlich, wie bald eine kleinere, bald eine grössere Anzahl von Blättern zu Antheren, die auf einer Schuppe zusammenstehen, verwendet sein könnte. Eine solche Entstehung dieser Staubfäden würde auch mit ihrer Stellung verträglich sein, indem solche Blätterbüschel genau die Stelle des fehlgeschlagenen Blattes, aus dessen Achsel sie entspringen, einnehmen würden; allein die Ableitung dieser Antheren aus Blättern secundärer Achsen, wenn sie gleich auf den ersten Anblick die grössere Anzahl ihrer Loculamente auf eine einfache Weise zu erklären scheint, zeigt sich als gänzlich unhaltbar, sobald man eine Vergleichung dieser vielfächerigen Antheren mit den zweifächerigen von Pinus anstellt. Es muss nämlich bei Vergleichung der Form dieser mehrfächerigen Antheren mit den zweifächerigen von Pinus Jeder zu der Ueberzeugung gelangen, dass die Schuppe, auf welcher die Thecae aufgewachsen sind, mit der Crista der Anthere von Pinus übereinstimmt und dass sie sich von derselben nur durch eine im Verhältnisse zu den Antherenfächern bedeutendere Grösse unterscheidet. Da nun die oben beschriebenen Missbildungen durchaus keinen Zweifel darüber lassen, dass bei *Pinus* die Anthere aus der Metamorphose eines einzigen Blattes hervorgeht, und dass die Crista der Anthere aus der Spitze desselben Blattes gebildet ist, dessen untere Seite gegen seine Basis hin zur Bildung der Antherenloculamente verwendet wurde, so sind wir nothwendigerweise zu der Annahme gezwungen, dass auch bei allen genannten, mit mehrfächerigen Antheren versehenen Gattungen, die Anthere auf eine analoge Weise aus der Metamorphose eines einzigen Blattes hervorgegangen ist.

Die einzige Abweichung vom gewöhnlichen Baue der Antheren liegt daher in der grösseren Anzahl der Antherenloculamente, allein dieser Umstand scheint mir nicht als gültiger Grund gegen die angegebene Erklärung geltend gemacht werden zu können, da auch sonst mehrfächerige Antheren vorkommen. Wenn in dieser Beziehung zwar zuzugeben ist, dass die Analogien von *Viscum album, Aphyteja* u. s. w. allerdings, wie Rob. Brown angiebt, von sehr entfernt stehenden Pflanzen hergenommen und desshalb etwas unsicher sind, so ist doch dabei vor allem zu bedenken, dass es sich hauptsächlich darum handelt, ob überhaupt mehrfächerige Antheren vorkommen, was allerdings durch diese Beispiele bewiesen wird.

Ein weiterer Grund, welcher für die Ableitung dieser vielfächerigen Antheren aus einem einzigen Blatte spricht, liegt in der Bildung des männlichen Blüthenkätzchens von *Juniperus*, bei welchem die untersten

Schuppen sehr häufig nur zwei Antherenloculamente besitzen, daher den Antheren von *Pinus* durchaus analog gebildet sind; von diesen zweifächerigen Antheren bilden dreifächerige, welche denen von *Cunninghamia* ähnlich sind, den Uebergang zu solchen, welche vier oder auch noch mehrere Fächer besitzen, ohne dass ausser der Anzahl der Fächer irgend eine andere Veränderung an den Schuppen stattfände. Auf diese Weise ist wenigstens in Beziehung auf die Anzahl der Antherenloculamente ein unmittelbarer Uebergang von zweifächerigen Antheren zu den, durch ihre ungewöhnliche Anzahl von Loculamenten vom gewöhnlichen Typus so sehr abweichenden Antheren von *Araucaria* gegeben, und es liegt in dieser Vermehrung der Loculamente noch nicht der mindeste Grund, um die Entstehung der Anthere aus einem einzigen Blatte für unwahrscheinlich zu halten, indem in der Bildungsweise der Antheren überhaupt durchaus kein Grund liegt, welcher eine ins Unbestimmte gehende Vermehrung der Loculamente unmöglich machen würde, da nicht einzusehen ist, warum nicht eben so gut an zwanzig verschiedenen Stellen im Innern eines Blattes sich Pollen bilden kann, als an einer, oder zwei, oder vier Stellen. Dass dieses letztere nur das gewöhnliche Verhältniss, aber nicht die durchgängig vorkommende Bildung der Antheren ist, sehen wir ja an *Viscum* und andern Pflanzen.

Es könnte dagegen in der bei *Araucaria* vorkommenden Stellung der Antherenloculamente und noch mehr in der Lage ihrer Sutur ein Grund gefunden werden, um die Analogie dieser Antheren mit den zweifächerigen von *Pinus* in Zweifel zu ziehen. Ich habe oben die Ansicht, welche sich Zuccarini von der Entstehung der zweireihigen Anordnung der Antherenloculamente von *Araucaria* bildete, angeführt, gestehe aber, dass ich meinem verehrten Freunde in diesem Puncte nicht beistimmen kann. Man könnte allerdings zu Gunsten dieser Ansicht geltend machen, dass diese Antherenfächer, wie dieses Zuccarini ganz richtig bemerkte, eigentlich nicht in zwei Reihen, sondern in einem sehr flach gedrückten Kreise stehen, mit welcher Stellung im Zusammenhange steht, dass sich nicht alle diese Fächer gleichmässig auf der gegen die innere Fläche der Anthere gewendeten Seite öffnen, sondern dass die Suturen derselben gegen den Mittelpunct des von ihnen umschlossenen Kreises gewendet sind, so dass also die äussere Reihe der Antherenfächer sich nach Art einer *anthera introrsa*, die innere Reihe nach Art einer *anthera extrorsa* öffnet; allein gegen die Erklärung Zuccarini's spricht die gegenseitige Stellung des Staubfadens und der Antherenfächer. Wenn nämlich seine Erklärung richtig wäre, so müssten sämmtliche Antherenfächer, wie bei Taxus oder beim Sporangium von Equisetum, den Staubfaden in einem Kreise umgeben und mit ihrer Spalte gegen den Staubfaden gewendet sein. Dieses ist aber nicht der Fall, sondern es steht das Filament ausserhalb des von den Antherenfächern gebildeten Kreises und die eine Seite der Antherenfächer kehrt demselben ihre Rückenseite zu; so verhält es sich wenigstens bei *Araucaria brasiliensis* und *excelsa*. Es unterscheiden sich also diese Antheren von denen von *Pinus*, *Juniperus* u. s. w. nicht durch den Ort, an welchem die Antherenfächer stehen, indem sie sämmtlich auf der Rückenfläche des Filamentes inserirt sind, sondern ausser ihrer grösseren Anzahl hauptsächlich durch ihre relative Stellung, indem sie nicht in einer Querlinie neben einander, oder nicht wie die Fächer der Antheren vieler Laurineen in zwei Querlinien über einander, sondern in einer breitgezogenen, auf der Rückenseite der Anthere liegenden Ellipse liegen. Diese Anordnung der Antherenfächer ist allerdings eine so ungewöhnliche, dass ich bei Phanerogamen keine analoge Bildung anzuführen

weiss, allein sie scheint mir doch dem Bau dieses Organs nicht durchaus zu widersprechen und wenn es erlaubt ist, nach Analogien bei den Sporangien der Gefässcryptogamen zu suchen, so möchte wohl die Bildung der Sporangien mancher Farne und namentlich der Gattungen *Angiopteris* und *Kaulfussia* anzuführen sein.

Mit Zuccarini die Bildung der zweifächerigen Coniferenantheren aus der Anthere von *Taxus* abzuleiten, scheint mir desshalb bedenklich zu sein, weil wir bis jetzt keine bestimmten Thatsachen haben, nach welchen wir mit Sicherheit entscheiden könnten, ob die Anthere von *Taxus* aus einem Blatte oder aus einem Quirle von Blättern hervorgeht. Unter diesen Umständen scheint es mir mehr als gewagt zu sein, wenn wir aus dieser morphologisch noch nicht mit Bestimmtheit zu deutenden Bildung die einfachere Form der Antheren der übrigen Coniferen abzuleiten suchen und es scheint mir den Grundsätzen der Morphologie weit angemessener zu sein, die nicht zu verkennende Analogie, welche zwischen der Anthere von *Pinus* und den gewöhnlichen zweifächerigen Antheren vorhanden ist, ins Auge zu fassen und von dieser Basis aus die Erklärung der abweichenden Formen zu versuchen.

Dass die Nachweisung der Entstehung der Coniferenanthere aus einem einzigen Blatte für die Erklärung der vielfächerigen Antheren mancher *Cycadeen* vom höchsten Werthe ist, leuchtet von selbst ein, indem man, sobald jener Satz für die Coniferen bewiesen ist, nicht nöthig hat, bei Erklärung der Cycadeenblüthe Einrichtungen zu supponiren, welche in der ganzen Reihe der Phanerogamen keine Analogie mehr finden. Wenn wir bei der Coniferenanthere die Anzahl der Loculamente bis auf zwanzig steigen sehen, so ist gar kein Grund vorhanden, warum wir nicht auch bei den Cycadeen die grossen mit sogenannten Antheren besetzten Schuppen für einfache Staubgefässblätter und die bei manchen Arten in ungemein grosser Anzahl vorhandenen, sogenannten Antheren für Antherenloculamente erklären sollten. Der Grund, welchen Miquel (l. c. p. 11) gegen die Blattnatur dieser antherentragenden Schuppen und für ihre Betrachtung als Zweige anführt, besteht darin, dass die Antheren nicht im Parenchyme derselben, sondern auf ihrer Oberfläche sich entwickeln. Dieses scheint mir keine Beweiskraft zu haben, denn wir haben an den Antherenfächern und den Sporangien vieler Pflanzen z. B. von *Osmunda* den Beweis, dass die Pollen- oder Sporen-führenden Abtheilungen eines Blattes sich zu capselähnlichen, bis auf einen dünnen Stiel von dem Träger sich abschnürenden Organen ausbilden können; auch widerspricht sich Miquel selbst, indem er an einer andern Stelle (p. 11) angiebt, dass die Substanz des männlichen Spadix selbst zur Anthere anschwelle, so dass die Epidermis des Spadix die Antherenwandung zu bilden scheine. In dem Verhältnisse der Antherenloculamente zu ihrem Träger kann ich daher ebensowenig einen Beweis gegen die Blattnatur des letzteren finden, als ich einen solchen in dem innern Baue des weiblichen Spadix von *Cycas* gefunden habe.

Nachdem ich im Bisherigen die Natur der einzelnen Schuppen des männlichen Coniferenkätzchens betrachtet habe, so gehe ich nun zur Untersuchung der Frage über, ist dieses Kätzchen als eine Blüthe oder als ein Blüthenstand zu betrachten?

Die Beantwortung dieser Frage würde gar keine Schwierigkeiten darbieten, wenn es erlaubt wäre, entweder nach dem Vorgange von Lindley und Zuccarini jede einzelne Anthere als eine, aus einem einzigen Staubfaden bestehende, einer secundären Achse des Kätzchens angehörende Blüthe, oder nach dem Vorgange

von Richard als eine aus mehreren Staubfäden verwachsene (monadelphische) Blüthe zu betrachten, denn in beiden Fällen würden diese längs einer gemeinschaftlichen Spindel stehenden und mit derselben abfallenden Blüthen ein wahres Amentum bilden; wie denn auch diese Bezeichnung allgemein üblich ist.

Ganz anders verhält sich aber die Sache, sobald die Ansicht, dass jede einzelne Anthere ein einfaches, der Achse des sogenannten Kätzchens selbst angehörendes Staubgefässblatt sei, angenommen wird; eine Ansicht, deren Richtigkeit durch die oben beschriebenen Missbildungen bestätigt zu sein scheint. Nun kann davon, dass die Blüthen in Kätzchen stehen, nicht mehr die Rede sein, denn zum Begriffe eines Kätzchens gehört nothwendig, dass längs einer primären Achse eine Anzahl von Blüthen, welche secundären Achsen ihren Ursprung verdanken, stehen; das sogenannte männliche Blüthenkätzchen der Coniferen hat daher nur im äusseren Aussehen und darin, dass alle seine Staubfäden mit der Achse, auf der sie stehen, abfallen, Aehnlichkeit mit einem wahren Amentum. Unter diesen Umständen sind wir darauf hingewiesen, dieses sogenannte Kätzchen mit einer Blüthe zu vergleichen; hiebei stossen wir aber auf bedeutende Schwierigkeiten. Dem gewöhnlichen Bau der Blüthe widerspricht es nämlich erstens, dass die Achse der Blüthe (die Spindel des sogenannten Kätzchens) der Länge nach so wenig contrahirt ist, sondern eine lange, mit oft ziemlich entfernt stehenden Staubfäden besetzte Spindel darstellt. So ungewöhnlich nun auch dieses Verhältniss ist, so kann man doch für dasselbe wenigstens die Analogie anführen, dass bei manchen hermaphroditen Blüthen die Carpelle auf eine ähnliche Weise längs einer verlängerten Achse stehen z. B. bei *Magnolia, Myosurus*.

Linné suchte bei den Coniferen die Entstehung der Achse des männlichen Kätzchens daraus zu erklären, dass er eine Verwachsung der Staubfäden untereinander annahm, wesshalb er auch diese Pflanzen in die Ordnung der Monadelphia seiner 21ten und 22ten Classe stellte, worin ihm auch die Verfasser der späteren, nach dem Sexualsystem geordneten Werke folgten. Diese Ansicht scheint mir nicht zu billigen zu sein. Zu einer gemeinschaftlichen Säule sind freilich alle diese Staubfäden verwachsen, aber nicht unmittelbar und oberhalb ihres Insertionspunctes, sondern nur mittelbar durch die Achse, auf der sie stehen und zwar nur in so ferne, als man jeden Zweig als einen Bündel verwachsener Blattstiele betrachten kann. Um eine solche mittelbare Verwachsung handelt es sich aber bekanntlich bei der Bestimmung des Begriffes von monadelphischen Staubfäden nicht, sonst wäre jede Blüthe, welche mehr als einen Staubfaden enthält, monadelphisch. Die Staubfäden der Coniferen stehen deutlich eben so isolirt von einander auf der Achse der Blüthe, wie ihre Blätter auf dem Stamme, daher muss man, wenn man das sogenannte Kätzchen als eine Blüthe betrachtet, dieselbe für polyandrisch erklären; nur *Ephedra* dürfte hierin eine Ausnahme machen, indem ihre Staubfäden in der That monadelphisch zu sein scheinen.

Ein zweiter Umstand, welcher aber mit dem ersten im genauesten Zusammenhange steht, scheint ebenfalls gegen die Vergleichung dieser sogenannten Kätzchen mit einer Blüthe zu sprechen, nämlich das successive, von unten nach oben fortschreitende Oeffnen der Antheren. Da sich nämlich die Blüthen darin von den mit Vegetationsblättern besetzten Achsen unterscheiden, dass ihre sämmtlichen, auf derselben Metamorphosenstufe stehenden Blätter, auch wenn sie (wie z. B. bei *Papaver* die Staubfäden) in sehr beträchtlicher Anzahl vorhanden sind, wenn auch nicht ganz gleichzeitig sich entwickeln, doch nahezu zu derselben Zeit

ihre volle Ausbildung erreichen, wogegen die Inflorescenzen eine successive Entfaltung einer Blüthe nach der andern zeigen, so nähert sich in dieser Beziehung das männliche Blüthenkätzchen der Coniferen einem wahren Amentum, mit welchem es auch die Ordnung des Aufblühens von unten nach oben theilt. So auffallend auch dieses Verhältniss ist, so kann es doch kaum als ein gültiger Beweis gegen die Ansicht, es sei das männliche Coniferenkätzchen als eine Blüthe und nicht als ein Amentum zu betrachten, angeführt werden, indem es nur eine Folge der mangelnden Contraction der Achse zu sein scheint und höchstens eine Annäherung der Blüthenbildung an eine Inflorescenz anzeigt, auch kommt ja bei andern polyandrischen Blüthen ein ähnliches allmähliges Aufblühen der Staubgefässe vor z. B. bei *Nigella*.

So verschieden nämlich an und für sich Blüthe und Inflorescenz sind, so nähern sich doch in manchen Beziehungen viele Inflorescenzen den Blüthen, worauf schon Roeper aufmerksam gemacht hat. Ich erinnere in dieser Beziehung nur an die blüthenähnliche Form der mit einem Strahle versehenen Blüthenköpfchen der Synanthereen, an die Strahlenform des Corymbus einer Iberis, der Dolde vieler Umbelliferen, welche Inflorescenzen im Aeussern die regelmässige, vielblätterige Blüthe nachahmen, ferner an die kelchähnliche Gestalt des Involucrum der Umbelliferen, Synanthereen, Dipsaceen u. s. w. Wie in diesen Fällen alle Blüthen einer Inflorescenz zu einander in ein ähnliches Verhältniss treten, wie die Blätter einer einzelnen Blüthe und zusammen ein geschlossenes Ganzes bilden, welches häufig durch Aufopferung der Regelmässigkeit der einzelnen Blüthen eine regelmässige Form gewinnt, welches ferner häufig im Oeffnen und Schliessen das Wachen und Schlafen einer einzelnen Blüthe nachahmt, welches seine verschiedenen Achsen auf eine ähnliche Weise verkürzt, wie die Internodien der einzelnen Blüthenblätter in der einfachen Blüthe verkürzt sind, so können auch auf der andern Seite die einzelnen, aus Blättern entsprungenen Organe einer Blüthe weniger streng zu einem geschlossenen Ganzen vereinigt sein. Solche halb aufgelösten Blüthen können einentheils als Uebergang der einfachen Blüthe zur Inflorescenz, anderntheils als Uebergang der einfachen Blüthe zum vegetativen Theile der Pflanze betrachtet werden; für Beides liefern die Coniferenblüthen den Beweis.

Betrachten wir das weibliche Blüthenkätzchen von *Juniperus*, *Thuja*, *Cupressus*, so werden wir seine Achse unmittelbar mit Carpellarblättern besetzt und dieselben nicht, wie bei *Pinus*, in den Achseln von Bracteen stehen finden. Man kann nun entweder annehmen, dass diese Carpellarblätter von *Juniperus* die metamorphosirten Blätter der Hauptachse des Kätzchens sind, oder man kann annehmen, dass sie, wie bei *Pinus*, secundären Achsen angehören und dass die ihnen zugehörigen Bracteen fehlgeschlagen sind, oder dass die Bracteen, wie dieses Don bei *Arthrotaxis* vermuthet, mit dem Carpellarblatte aufs innigste verwachsen sind. Im ersteren Falle wäre das Kätzchen als eine einfache Blüthe, entsprechend den männlichen Blüthen, im zweiten Falle dagegen als ein wirkliches Kätzchen zu betrachten. Wenn für diese zweite Ansicht die Analogie mit *Pinus* und den verwandten Gattungen sprechen würde, so ist doch dagegen zu bemerken, dass von einer fehlgeschlagenen oder mit dem Carpellarblatte verwachsenen Bractee auch nicht die leiseste Spur zu finden ist und dass für die erstere Ansicht die, freilich entferntere Analogie mit den Cycadeen angeführt werden kann, bei welchen die Carpellarblätter unmittelbar aus einer Metamorphose der Blätter der primären Achse des weiblichen Zapfens, oder bei Cycas aus der Metamorphose der Stammblätter hervor-

gehen. Wenn diese Analogie auch von entfernter stehenden Pflanzen hergenommen ist, so scheint mir die auf sie gegründete Ansicht dennoch wahrscheinlicher, als die andere zu sein, und zwar, abgesehen vom Mangel der Bracteen, auch noch wegen des Baues der vegetativen Theile dieser Pflanzen. Bei *Pinus* und den verwandten Gattungen findet nämlich schon am Stamme eine Neigung zum Fehlschlagen der Blätter und zur Anticipation der in ihrer Achsel stehenden Knospen statt; bei *Pinus* geschieht dieses regelmässig, bei *Larix* wenigstens zum Theile, bei *Abies* endlich geschieht es nicht mehr. Mit dieser Neigung zum Fehlschlagen der Blätter der primären Achse und zum Wiederersatze derselben durch Blätter der axillären Knospen stimmt nun bei diesen Pflanzen die Bildung der weiblichen Blüthen ganz überein, indem bei denselben ebenfalls die Blätter der Hauptachse sich nicht in Blüthentheile verwandeln, sondern zu Schuppen (Bracteen) verkümmern, in deren Achsel erst ein in ein Carpell umgewandeltes Blatt der secundären Achse steht. Bei *Thuja, Cupressus, Juniperus* sehen wir dagegen die Stammblätter in gänzlich verschiedenen Verhältnissen. Die junge, aus dem Samen aufgekeimte Pflanze von *Thuja* ist mit nadelförmigen Blättern bedeckt, weiter nach oben contrahiren sich dieselben zu der bekannten schuppenförmigen Gestalt, verschwinden aber nicht, wie bei Pinus, gänzlich, und werden nicht durch die Blätter der axillären Knospen ersetzt. Bei *Juniperus* ist diese nadelförmige Gestalt der Blätter in der Regel auch der erwachsenen Pflanze eigen, bei *Juniperus Sabina* (und andern Arten) tritt dagegen dieselbe Verkürzung der Blätter, wie bei *Thuja,* ein, häufig kehrt aber auch an einzelnen Aesten der erwachsenen Pflanze die Nadelform der Blätter zurück. Auf diese Weise sind die genannten Gattungen in Beziehung auf ihre Blattform gleichsam zwischen *Pinus* und *Abies* in die Mitte gestellt, die ursprüngliche Form ihres Blattes ist die nadelförmige, diese erhält sich zum Theil, zum Theil geht sie aber auch in die verkürzte Schuppenform über; diese Veränderung schreitet aber nicht bis zum scariosen Verkümmern des Blattes und bis zur Entfaltung der Blätter der axillären Knospe, wie bei *Pinus,* weiter. Diese schuppenförmigen Blätter haben eine unverkennbare Aehnlichkeit mit den Schuppen der Blüthenkätzchen und sie gehen bei den weiblichen Blüthen von *Juniperus Sabina* ganz allmählig in sie über, so dass man sagen kann, es bilden schon die Stammblätter eine Mittelstufe zwischen den nadelförmigen Primordialblättern und den Carpellarblättern. Diese innige Verwandtschaft zwischen Stammblättern und Carpellarblättern tritt bei der weiblichen *Cycas* noch weit auffallender hervor, denn hier ist bei denjenigen Arten, bei welchen das Carpellarblatt noch Fiederblättchen trägt, die Form von beiden auffallend ähnlich, und es behalten die Carpellarblätter (abgesehen davon, dass sie nicht mit ihren Rändern zu einem geschlossenen Ovarium zusammenschliessen) auch noch in so ferne die Natur der Stammblätter bei, als sie sich nicht enge aneinander schliessen und mit ihrer Production der Stamm das Vermögen, weiter zu wachsen und neue Blätter zu erzeugen, nicht verliert, wesshalb der mit Fructificationsblättern besetzte Theil der Achse seiner Natur nach zwischen Fructifications- und Vegetations-Achse schwankt.

Man kann unter diesen Umständen bei einer weiblichen *Cycas* gar nicht von einer Blüthe sprechen, denn es fehlen alle andern Charactere einer solchen, als der, dass die Blätter einer gewissen Strecke des Stammes Eier tragen, es fehlt die Absonderung des mit Blüthenblättern besetzten Theiles der Achse durch einen Blüthenstiel und eine Blüthenhülle, es fehlt die Stellung der Fructificationsblätter in Wirteln, es fehlt

die sonst im Centrum der Blüthe stattfindende Verkümmerung der Achse, denn es folgen auf die Fructificationsblätter wieder gewöhnliche Vegetationsblätter, so dass also der Zustand der durchgewachsenen Blüthe hier normal ist.

Auf diese Weise bildet der mit weiblichen Blüthenblättern besetzte Theil der Achse bei *Cycas* eine wahre Mittelbildung zwischen einem mit Vegetationsblättern besetzten Stamme und einer Blüthe; er nähert sich der letzteren bei *Cupressus, Juniperus, Thuja* dadurch, dass mit der Bildung der weiblichen Blätter die Achse verkümmert und oberhalb des Insertionspunctes der Carpellarblätter nicht neue Vegetationsblätter treibt; diese Bildung geht endlich in der weiblichen Blüthe von *Pinus, Larix* u. a. in eine wahre Inflorescenz, in ein Kätzchen über, welches wieder durch die bei *Larix* häufig stattfindende Verlängerung der Kätzchenachse in eine Vegetationsachse zum gewöhnlichen beblätterten Zweige zurückkehrt.

Haben wir auf diese Weise in den Verhältnissen der weiblichen Blüthenblätter der *Cycadeen* und *Coniferen* alle Uebergangsstufen von dem mit Vegetationsblättern besetzten Stamme zu der Blüthe und von dieser zur Inflorescenz gefunden, so ist dadurch unser obiger Ausspruch, dass die männliche Coniferenblüthe ebensowohl eine Annäherung der Blüthenbildung zur Inflorescenz als zum vegetativen Theile der Gewächse zeige, gerechtfertigt; denn die männliche Blüthe der *Coniferen* entspricht genau der mittlern Bildungsstufe der von uns betrachteten weiblichen Blüthen, nämlich der Form, wie sie bei *Juniperus, Cupressus, Thuja* vorkommt, insoferne es dieselbe Ordnung von Blättern ist, welche in der männlichen Blüthe in Staubgefässe, in der weiblichen in Carpelle verwandelt sind. Die niedere Stufe der Ausbildung, auf welcher die männliche Coniferenblüthe steht, erhellt aus dem gänzlichen Mangel einer Blüthenhülle und aus der schwachen Verkürzung ihrer Achse. Die einzige Absonderung von der vegetativen Achse beruht auf einem kurzen Blüthenstiele. Nur bei *Ephedra* ist eine Blüthenhülle vorhanden; mit dieser schärfern Absonderung der Blüthenachse ist aber auch eine Contraction derselben, eine monadelphische Verwachsung der Staubfäden, überhaupt eine grössere Annäherung an die gewöhnliche Blüthenbildung gegeben.

V.

Ueber
die fibrosen Zellen der Antheren.

(Auszug aus der Flora. 1830. II, 697 u. flg.)

Der Aufsatz, aus welchem die folgenden Zeilen einen Auszug enthalten, wurde durch die Schrift von Purkinje: de cellulis antherarum fibrosis nec non de granorum pollinarium formis veranlasst. Purkinje hatte in dieser Schrift einen sehr grossen Reichthum von Beobachtungen über die Faserzellen der Antheren niedergelegt, welche in Beziehung auf die Form dieser Zellen und den Verlauf der Fasern auf denselben vollkommen richtig waren, dagegen war seine Erklärung der wahren Beschaffenheit dieser Fasern und ihrer Wirkungsweise bei dem Aufspringen der Antheren die unglücklichste, welche man sich denken kann. Ich suchte in jenem Aufsatze nachzuweisen, dass diese Fasern nichts anderes seien, als secundäre Zellmembranen und dass dieselben beim Oeffnen der Antheren allerdings eine wichtige Rolle spielen, aber nicht dadurch, dass sie, wie Purkinje glaubte, bei dem Oeffnen der Antheren activ thätig sind, sondern dadurch, dass sie in Folge ihrer grösseren Masse und Derbheit der durch Vertrocknung eintretenden Zusammenziehung der Antherenwandung einen Widerstand entgegenstellen. Die Auseinandersetzung der anatomischen Verhältnisse dieser Fasern hatte in jener Zeit einigen Werth, indem damahls die von mir aufgestellte Lehre vom schichtenweisen Anwachsen der Zellwandung sich noch keinen Anhang erworben hatte und somit weitere Aufzählung von Beispielen nicht überflüssig war, um dieser Lehre Geltung zu verschaffen und die Nachweisung dieser anatomischen Thatsache das geeignetste Mittel war, um die abentheuerlichen Meinungen, welche Purkinje über die Beschaffenheit und Wirkungsweise dieser Fasern verbreitet hatte, zu widerlegen; jetzt hingegen verhält sich die Sache wesentlich anders, indem nicht nur die Lehre vom schichtenweisen Wachsthume der Zellwandung allgemein angenommen ist, sondern auch darüber, dass die Fasern der Antherenzellen aus secundären Zellschichten gebildet seien, nachdem Meyen, Schleiden u. a. diese Ansicht in ihre Schriften aufgenommen haben, kein Streit mehr ist. Ich hätte desshalb den ganzen Aufsatz in dieser Sammlung übergangen, wenn nicht in den neueren Physiologien die Consequenzen, welche ich aus dem Bau der Anthere in Hinsicht auf den Vorgang ihres Aufspringens zog, entweder nur mit Einschränkungen (von Treviranus) angeführt oder auch in ihren wesentlichsten Grundlagen modificirt (von Meyen) worden wären. Ich hielt desshalb eine kurze Anführung der wesentlicheren Punkte jenes Aufsatzes nicht für überflüssig.

Ueber drei Puncte giebt die Betrachtung dünner Querschnitte durch die Antheren bestimmten Aufschluss 1) darüber, dass die Fasern, mit welchen mit Ausnahme der Epidermiszellen die Zellen der Antherenklappen (des Endotheciums von Purkinje) besetzt sind, mit der Zellwandung selbst fest verwachsen sind; 2) dass diese Fasern auf der inneren Seite der Zellwandung liegen und in die Höhlung der Zellen protuberiren; 3) dass die Fasern nicht hohl sind.

Die Formen, unter welchen diese Fasern vorkommen, lassen sich in folgende Klassen zusammenstellen.

Den Uebergang von den faserlosen Zellen der Antheren von *Solanum, Erica* [1]) zu den mit Fasern besetzten bilden die Gräser. Bei einigen wie bei *Zea Mays* sind noch alle Zellen faserlos, bei den meisten enthalten dagegen die den Rand der Klappen bildenden Zellen Fasern, bei anderen endlich, wie bei *Stipa capillata* sind alle Zellen des Endotheciums mit Fasern versehen. Die Fasern liegen bei den Gräsern nur an den Seitenwandungen der Zellen und sind in den aneinanderliegenden Zellen meist opponirt; die gegen die Epidermis und die gegen die Antherenhöhlung gewendeten Seiten der Zellen sind völlig glatt. Dieses Verhältniss, dass die Fasern nur an den Seitenwandungen der Zellen entwickelt sind, oder dass sie, wenn sie auch auf der nach innen gewendeten Seite und in einzelnen Fällen auch auf der äusseren Seite vorkommen, doch auf den Seitenwandungen am stärksten entwickelt sind, ist ein sehr verbreitetes. Nur auf den Seitenwandungen kommen sie z. B. vor auf den säulenförmigen Zellen von *Glaucium corniculatum, Melaleuca hypericifolia, Caltha palustris, Mirabilis Jalapa, Cupressus sempervirens,* bei der letztern Pflanze alterniren die Fasern in den aneinanderliegenden Zellen. Das gegen die Epidermis gerichtete Ende dieser Fasern endigt sich meistens spitzig, das entgegengesetzte breit, wobei dasselbe entweder am Rande zwischen den Seitenwandungen und der hintern Wandung erlischt oder noch etwas auf die hintere Seite umbiegt. Nicht selten fliessen die auf die hintere Seite der Zelle übertretenden Fasern in eine gemeinschaftliche Masse zusammen, welche einen grösseren oder kleineren Theil der nach innen gewendeten Zellwandung unter der Form eines Sterns bedeckt, z. B. bei vielen *Malvaceen,* bei vielen *Papilionaceen,* bei *Armeria fascicularis, Statice Limonium, Sambucus Ebulus, Hydrangea quercifolia, Linum usitatissimum.* Viele Aehnlichkeit mit dieser Form hat eine andere, die häufig auch durch Mittelstufen in sie übergeht z. B. bei *Cactus Tuna, Mirabilis Jalapa,* bei welcher die Fasern von einer Seitenfläche heraufsteigen, quer über die hintere Fläche der Zelle weggehen und an der entgegengesetzten Seitenwandung hinablaufen (klammerförmige Fasern), während die von den andern Seitenwandungen herkommenden Fasern sich an die äussersten querlaufenden Fasern anschliessen, oder am Rande der Zelle endigen. Zuweilen ist der auf der hintern Wandung der Zelle liegende Theil der Fasern nur schwach, unter der Form von schmalen Streifen ausgebildet z. B. bei *Ruta graveolens, Papaver orientale.* Diese klammerförmigen Fasern kommen besonders bei lang gestreckten Zellen vor, deren Längendurchmesser parallel mit der Epidermis liegt z. B. bei *Tradescantia virginica, Saponaria officinalis, Sagittaria sagittifolia,* bei welchen Zellen die klammer-

1) Die Zellen des Endotheciums haben im allgemeinen bei allen denjenigen Pflanzen, bei welchen die Antheren nicht der Länge nach aufspringen, keine Fasern; bei den mit Klappen sich öffnenden Antheren, wie bei Berberis, sind nur die Klappen mit solchen besetzt.

förmigen Fasern in querer Richtung über die Zellen verlaufen. Wo die Zellen kürzer sind, verbindet sich oft ein Theil der Fasern in der Mitte der hintern Wandung, wodurch ein Uebergang zur Sternform gebildet wird.

Wenn die Fasern auch über die vordere Wandung sich fortsetzen und vollständige Ringe bilden, so erhalten die Zellen das Aussehen von Gefässen z. B. bei *Reseda Luteola, Nymphaea lutea, Atropa Belladonna, Canna indica.* Wenn die Fasern diesen Typus beibehalten und die Zellen in der auf die Antherenwandung senkrechten Richtung verlängert sind, so verlaufen die Fasern ebenfalls über die vordere und hintere Fläche in querer Richtung und an den Seitenwandungen in senkrechter oder etwas schiefer Richtung z. B. *Antirrhinum majus, Ruta graveolens, Cucurbita Pepo, Nicotiana rustica, Rubus odoratus, Lilium tigrinum, Chamaerops humilis.* Bei diesen Zellen kommt es häufig vor, dass sich die Fasern netzartig untereinander verbinden z. B. bei manchen *Liliaceen,* bei *Ardisia colorata.* Werden die Fasern breit und die Verbindungen häufig, so bekommen die Zellen das Ansehen von getüpfelten Zellen, z. B. bei *Hemerocallis obcordata* und besonders bei *Lodoicea maldivica,* bei welcher die Zellwandungen sehr dickwandig und mit einzelnen kleinen Poren besetzt sind. Diese letzteren Fälle liefern die überzeugendsten Beweise, dass die Fasern nichts anderes, als secundäre Schichten der Zellmembran sind, wofür auch die Entwicklungsgeschichte der Zellen des Endotheciums spricht, welche ganz mit der Entwicklung der übrigen getüpfelten Zellen übereinstimmt. Dass die Zwischenräume zwischen den Fasern nicht durch eine Membran ausgefüllt sind, wovon Purkinje viele Beispiele anführt, und welche Vorstellung Mirbel (recherches sur le marchantia) von allen fibrosen Zellen der Antheren hat, indem er glaubt, dass diese Fasern dadurch entstehen, dass sich in der vorher zusammenhängenden Zellwandung Spalten bilden, läugne ich auf's bestimmteste, wenigstens ist mir nicht Ein Beispiel davon vorgekommen und es findet sich jedenfalls bei den von Purkinje und Mirbel angeführten Pflanzen nicht.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Zellen der Epidermis immer ohne Fasern (und dünnhäutig) sind, dass auf den Endotheciumzellen die Fasern in der bei weitem grössern Mehrzahl der Pflanzen in der Art vertheilt sind, dass sie auf der nach aussen gewendeten Seite fehlen, auf den Seitenflächen parallel mit einander in einer auf die Epidermis senkrechten Richtung verlaufen, endlich über die innere Fläche quer verlaufen, oder auf ihr netzförmig verbunden sind, oder in den Kern eines Sterns zusammenfliessen. Wenn das Endothecium aus mehreren hinter einander liegenden Schichten von Zellen besteht, deren es z. B. bei *Agave americana* 8—12 sind, so ist es allgemeine Regel, dass die Zellen der äusseren Schichten bedeutend grösser, als die inneren Zellen sind. Nun ist einleuchtend, dass wenn die Wandung einer Anthere eintrocknet, die derben Fasern, mit welchen die Zellen besetzt sind, der Zusammenziehung der dünneren Theile der Zellwandungen einen Widerstand entgegensetzen, dass die faserlosen Epidermiszellen und die äusseren faserlosen Wandungen der Endotheciumzellen sich ungehindert zusammenziehen können, dass die Seitenwandungen der Endotheciumzellen, auf welchen die Fasern in senkrechter Richtung verlaufen, sich ungehindert in der Richtung der Breite zusammenziehen können, indem durch eine solche Contraction die Fasern einander nur genähert werden, welcher Bewegung sie keinen mechanischen Widerstand entgegensetzen können, dass aber

die Fasern einer in der Richtung der Länge erfolgenden Contraction einen gewissen Widerstand entgegensetzen, indem sie, wie alle derberen Membranen und faserförmigen Ablagerungen im Innern von Gefässen und Zellen weniger durch Austrocknung sich zusammenziehen, als die dünnwandigen Zellhäute, dass endlich die inneren Wandungen, wenn sie mit sternförmig vereinigten Fasern besetzt sind, der Contraction in jeder Richtung einen Widerstand entgegensetzen. Eine nothwendige Folge hievon ist, dass eine austrocknende Antherenwandung, während sie im Ganzen kleiner wird, sich zugleich wegen stärkerer Contraction ihrer Epidermis und des äussern Theiles ihrer Endotheciumzellen nach aussen zu krümmt. Wenn eine solche Antherenwandung mehrere Schichten von Endotheciumzellen besitzt, so sind, wie schon angeführt, die Zellen der äusseren Schichten grösser, als die der inneren; dieses Verhältniss muss ebenfalls die Folge haben, dass sich die Wandung der Anthere nach aussen krümmt, es mag die Vertheilung der Fasern auf den einzelnen Zellen diese Krümmung noch unterstützen oder es mögen die Fasern gleichförmig auf den Zellwandungen vertheilt sein, somit auf die Krümmung der Antherenwandung keinen Einfluss ausüben. Nun weist auch die Beobachtung der Antheren wirklich nach, dass sie nach der Oeffnung der Blüthe, wenn die freie Luft auf sie einwirkt, eine Vertrocknung und in Folge davon eine bedeutende Verkleinerung erleiden. Die Pollenkörner müssen dieser Contraction einen mechanischen Widerstand entgegensetzen, der endlich zur Folge hat, dass die Antherenwandung an ihrer dünnsten Stelle (der Sutur) einreisst und nun in Folge des angegebenen Baues sich nach aussen umrollt. Der Beweis, dass die Sache sich wirklich so verhält, liegt einfach darin, dass eine ausgetrocknete Anthere, welche man in Wasser legt, wieder ihre ursprüngliche Grösse annimmt und sich wieder schliesst.

Ich denke, diese Erklärung hätte gerade wegen ihrer Einfachheit genügen können. Treviranus (Physiol. II. 287) sagt dagegen, „es verdient noch eine Untersuchung, ob ausser diesem Auswärtskehren der Valveln nicht in manchen Fällen eine Ausdehnung der Pollenmasse selber nach erfolgter Oeffnung den Austritt unterstütze. Bei den Malven nimmt dieselbe, wenn die zurückgeschlagenen Valveln sie nicht mehr einschliessen, offenbar weit mehr Raum ein, als zuvor. Bei Antheren, die sich mit einem Loche an der, oft weit vorgezogenen Spitze öffnen z. B. bei *Solanum, Vaccinium, Erica,* ist nicht wohl eine andere Art, wie der Pollen die Anthere verlassen kann, denkbar. Bei *Caladium seguinum* sieht man ihn an der Spitze von jedem der Bälge durch ein Loch als einen wurmförmigen Körper hervortreten, zu dessen Bildung die Körner noch unter einander zusammenhängen müssen. Aehnliches scheint bei *Calla aethiopica* vorzukommen.“ Es werden wenige Worte genügen, diese Einwendung zu entkräften. Eine Vergrösserung der Pollenmasse könnte nur Folge der Anschwellung der einzelnen Pollenkörner sein. Die miskroskopische Beobachtung von Pollenkörnern, die man aus einer geschlossenen Anthere nimmt, zeigt hingegen, dass sie in den meisten Fällen an der Luft schnell um ein bedeutendes durch Eintrocknung kleiner werden. Dass bei geöffneten Antheren die Pollenmasse so gross ist, dass zu ihrer Bedeckung die Antherenvalveln nicht mehr hinreichen, ist richtig, aber in Verkleinerung der Antherenwandungen und nicht in Vergrösserung der Pollenkörner begründet. Dass bei den Aroideen die Pollenkörner auf die angegebene Weise austreten, ist einfache Folge der durch Vertrocknung eintretenden Verkleinerung der Anthere; bei den Ericeen verkleinert sich allerdings die Anthere

nicht stark, allein der Pollen dieser Pflanzen ist nicht klebrig und durch Erschütterung sehr leicht zum Ausfallen zu bringen. Er tritt ebensowenig von selbst aus der Anthere, als die Samen aus einer an der Spitze aufspringenden Capsel z. B. bei *Cerastium* von selbst ausfallen. Die Natur hat nicht überall organische Vorrichtungen zur Ausführung eines bestimmten Vorganges getroffen, sondern häufig die Pflanze auf zufällige Hülfe äusserer Einwirkungen angewiesen.

Wenn Meyen (Physiol. III. 136) meine Erklärung der Wirkung der Fasern dadurch zu entkräften sucht, dass er sagt: „ich möchte jedoch die Wirkung der Spiralfasern in den innern Zellenschichten durch die hygroskopische Eigenschaft erklären, welche den einzelnen Spiralfasern in weit grösserem Maasse zukommt, als den Wänden der Parenchymzellen", so ist das nur ein deutlicher Beweis, wie unklar Meyen über das Verhalten der Pflanzenfaser bei verschiedenen Feuchtigkeitszuständen war; diese Erklärung ist auf zwei durchaus unrichtige Annahmen gegründet, einmal auf die Annahme, dass die secundären Schichten der Gefäss- und Zellmembranen in Folge verschiedener Feuchtigkeitszustände stärkeren Formänderungen unterworfen seien, als die primären Membranen, zweitens auf die Annahme, dass die vegetabilischen Membranen in der Feuchtigkeit sich zusammenziehen und in der Trockenheit ausdehnen, während das gerade Gegentheil dieser beiden Annahmen wahr ist.

VI.

Einige Bemerkungen

über

die Entwicklung und den Bau der Sporen der cryptogamischen Gewächse.

(Aus der Flora. 1833. I.)

Die Untersuchungen, deren Resultate auf den folgenden Blättern mitgetheilt werden, enthalten zwar nur wenige neue Thatsachen, indem die meisten hier erzählten Erscheinungen bereits von einem oder dem andern Beobachter bei Untersuchung cryptogamischer Gewächse gesehen wurden; die Mittheilung derselben dürfte aber doch vielleicht nicht ohne Interesse sein, da einentheils die Uebereinstimmung, welche die verschiedenen Cryptogamen in der Entwicklung und im Baue der Sporen zeigen, andern Theils der Unterschied der Entwicklung dieser Sporen von der Entwicklung des Eies der Phanerogamen, wie mir scheint, nicht immer mit der gehörigen Schärfe aufgefasst wurden. Es kommen zwar die Botaniker immer mehr von dem irrigen Bestreben zurück, zwischen den Fructificationstheilen der Acotyledonen und denen der Phanerogamen eine durchgreifende Analogie aufzusuchen, immer aber scheinen noch viele der Ansicht zu sein, dass der Same der kryptogamischen Gewächse ein seiner Art nach mit dem Samen der Phanerogamen übereinstimmendes Organ sei und sich von demselben nur durch grössere Einfachheit unterscheide. Dieser Glaube an eine Uebereinstimmung dieser beiden Samen veranlasste die vielfachen Versuche, die Sporen der kryptogamischen Gewächse, an welchen sich keine weitern Theile mehr unterscheiden lassen, wenn nicht mit dem ganzen Samenkorne der Phanerogamen, doch mit einem Theile desselben zu vergleichen, und so wurde die Spore bald für einen Samen ohne Embryo, bald für einen nackten Embryo, bald für ein mit dem Perisperm übereinstimmendes Gebilde, bald für einen Cotyledon ohne Plumula und Radicula erklärt.

Eine der hauptsächlichsten Ursachen der vielen irrigen Ansichten über den Bau der Sporen liegt in dem Umstande, dass man versäumte, dieselben in den ersten Stadien ihrer Entwicklung zu untersuchen; die neueren Beobachtungen über das Ei der Phanerogamen zeigten auf die überzeugendste Weise, dass eine genaue Kenntniss desselben nur durch Untersuchung seiner frühesten Entwickelungsperioden zu erlangen ist; dasselbe gilt auch im vollen Maase von den Sporen der Acotyledonen.

Einer genauen Untersuchung der Sporen setzt bei vielen Cryptogamen die sehr geringe Grösse derselben bedeutende Schwierigkeiten entgegen; da dieses Hinderniss bei den Sporen mancher Lebermoose und insbesondere bei denen von *Riccia glauca* nicht statt findet, so werde ich, um einen sichern Anhaltspunkt zu bekommen, mit der Beschreibung derselben die folgenden Untersuchungen beginnen.

Bei ***Riccia glauca*** (Tab. II. fig. 1) ist das kugelförmige, aus gestreckten, dünnwandigen, mit Chlorophyllkörnern gefüllten Zellen gebildete, und in der Frons verborgene Sporangium (*a*) in den früheren Stadien mit kugelförmigen, aus einer dünnen, wasserhellen Membran gebildeten Zellen angefüllt. Diese Zellen enthalten eine weisse, bei durchscheinendem Lichte trübliche, körnige Flüssigkeit. Später sondert sich diese körnige Masse in 4 Parthieen, von denen sich jede mit einer zarten Haut umkleidet. Diese vier in jeder Zelle enthaltenen Massen (fig. 11. 12) nehmen durch gegenseitigen Druck eine dreiseitige, stumpf pyramidale Form an, während die vierte, an der Zellwandung anliegende Seite nach dieser eine convexe Biegung annimmt. Die relative Lage dieser 4 Körner ist der Art, dass sie gleichsam die Ecken einer dreiseitigen Pyramide bilden, wesshalb ich dieselbe im folgenden mit dem Ausdrucke der *tetraëdrischen Vereinigung* bezeichnen werde. Wenn die Körner allmählig die Grösse der reifen Sporen erlangt haben, so verschwinden die Zellen, in welchen sie sich gebildet haben (Mutterzellen), vollkommen, so dass zwischen den reifen Samen keine Spur derselben mehr zu finden ist, und zugleich bildet sich über der gleichförmigen, zarten Haut der Sporen eine äussere aus kleinen Zellen zusammengesetzte Membran, welche mit der vollkommenen Reife eine schwarzbraune Farbe annimmt (Tab. II. fig. 9. 10). Zugleich verflüssigt sich mit der Reife der Inhalt der Sporen und wird ölig.

Vollkommen auf dieselbe Weise entwickeln sich die Sporen von *Anthoceros laevis;* bei dieser Pflanze habe ich auf eine noch überzeugendere Weise gesehen, dass in den grossen, runden Mutterzellen die erste Spur der Sporen sich unter der Form von vier kleinen Anhäufungen von Körnchen zeigte, und dass erst später, wenn die Masse dieser Körnchen sich vermehrte, sich eine zarte Haut um dieselben bildete. In den Zwischenräumen zwischen den Mutterzellen liegt ein Netz von engen, gestreckten Zellen; diese bilden, wenn sie nach dem Verschwinden der Mutterzellen in der reifen Frucht vertrocknen, die von Hedwig mit dem Namen der Elateren bezeichneten Körper. In diesen entwickeln sich jedoch nicht, wie in den Elateren der Jungermannien und Marchantien, spiralförmige Fäden.

Bei den meisten Arten von *Jungermannia* ist die Entwicklung der Sporen wegen ihrer geringen Grösse schwierig zu verfolgen; bei denjenigen Arten hingegen, bei welchen sie eine bedeutendere Grösse besitzen, zeigt es sich, dass sich auf dieselbe Weise, wie bei *Riccia,* je vier in runden Mutterzellen ausbilden, wie dieses fig. 40. 41. Tab. II. von *Jungermannia multifida* darstellt. Die Elateren erscheinen, so lange die Sporen noch unausgebildet in den Mutterzellen liegen, unter der Form von spindelförmigen Zellen, in deren Innerem einzelne Parthieen von sehr kleinen Amylumkörnern liegen (Tab. II. fig. 42); diese Körner verschwinden gegen die Zeit der Reife und es tritt dann der bekannte Spiralfaden in den Zellen auf. Es erhellt aus dieser Bildungsgeschichte der Sporen, wie falsch diejenigen beobachtet haben, welche zu finden glaubten, dass je ein Same an einer Schleuder, wie an einer Nabelschnur festsitze.

Bei *Jungermannia epiphylla* weichen die jungen, noch zu 4 und 4 zusammenhängenden Sporen (Tab. II. fig. 33. 34) in soferne von der gewöhnlichen Bildung ab, als ihre Form länglich eiförmig ist, und die Sporen nur vermittelst eines kleinen Theiles ihrer Oberfläche mit einander in Berührung sind. Die Körner, welche in den unreifen Sporen enthalten sind, besitzen eine grüne Farbe, wie dieses auch bei andern Jungermannien der Fall ist.

Dass auch bei *Marchantia, Grimaldia dichotoma, Corsinia marchantioides, Targionia, Blasia* etc. die Sporen sich auf dieselbe Weise entwickeln, erhellt aus ihrer pyramidalen Form (vergl. die Abbildungen Corda's in dessen Monogr. rhizosperm. et hepatic. und in Sturm's Flora 2te Abth. Heft 22 und 23).

Gehen wir nun von dieser Betrachtung der Sporen der Lebermoose zu den *Farnen* über, so finden wir bei diesen eine völlig übereinstimmende Entwicklungsweise der Sporen. Die junge Farnkapsel ist wie das Sporangium von *Riccia* dicht mit runden Mutterzellen erfüllt, von welchen jede 4 Sporen enthält. Zerdrückt man eine solche Kapsel in Wasser, so schwellen häufig die Mutterzellen, deren innerer Raum von den Sporen völlig angefüllt wird (fig. 17*d.* Tab. II.), stark auf, die Sporen treten auseinander und kommen einzeln zu Gesicht (fig. 17*c.* Tab. II. *Pteris longifolia*). Später, wenn die Kapsel ihre volle Ausbildung erreicht, werden die Mutterzellen resorbirt, und die Sporen liegen ohne Zusammenhalt frei in der Kapsel.

So lange die Sporen der Farnkräuter noch in den Mutterzellen eingeschlossen sind, lässt sich an denselben (wie wir dieses auch bei *Riccia* gesehen haben) nur eine einzige, zarte, gleichförmige Haut erkennen, später hingegen bildet sich bei denselben ebenfalls eine äussere Haut. Diese besitzt hingegen nicht bei allen denselben Bau, indem sie bei einigen aus deutlichen, dünnwandigen Zellen zusammengesetzt ist z. B. bei *Asplenium viride, Ruta muraria, septentrionale, Acrostichum Marantae* (Tab. II. fig. 25), *Ceterach officinarum,* während sie bei anderen mehr oder weniger einer gleichförmigen Membran gleicht. In diesem letzteren Falle kann man mehrere Varietäten unterscheiden; bei einigen Farnen ist nämlich diese Haut auf der convexen Seite der Spore mit deutlichen, unter der Form von kleinen Wärzchen vorspringenden Körnern (unentwickelten Zellen?) besetzt z. B. bei *Pteris crispa, Davallia canariensis, Cheilanthes odora, Polypodium vulgare, aureum* (Tab. II. fig. 13. 14), *calcareum, rhaeticum, Osmunda regalis;* bei andern sind diese Körner in kleine Stacheln verlängert z. B. bei *Asplenium Breynii, Polypodium Lonchitis, aculeatum, fragile* (Tab. II. fig. 15. 16); bei anderen sind endlich die Körner sehr klein, und nur bei starken Vergrösserungen sichtbar, wesshalb die Haut beinahe das Ansehen einer glatten, gleichförmigen Membran besitzt z. B. bei *Struthiopteris germanica, Doodia aspera, Polypodium Filix foemina, Pteris atropurpurea, longifolia* (Tab. II. fig. 17*a. b*), *serrulata, cretica, Acrostichum alcicorne.*

Wenn man die reifen Sporen in einem Wassertropfen zwischen zwei plangeschliffenen Glasplatten unter gelindem Drucke hin und her wälzt, so löst sich in den meisten Fällen die äussere Haut von der innern, zarten, gleichförmigen, wasserhellen Membran ab; dieses gelang mir z. B. bei *Asplenium septentrionale, Struthiopteris germanica, Davallia canariensis, Acrostichum Marantae, Ceterach officinarum, Pteris serrulata, cretica, atropurpurea, Polypodium rhaeticum, Cheilanthes odora* (Tab. II. fig. 24).

Zersprengt man alsdann durch einen stärkern Druck auch die innere Haut, so tritt der Inhalt der Spore in das Wasser aus. Dieser zeigte sich mir immer unter der Form einer klaren, gelblichen, ölartigen Flüssigkeit.

Die angegebene Form einer dreikantigen, an der Basis abgerundeten Pyramide kommt zwar bei den Sporen sehr vieler Farne vor z. B. bei *Pteris longifolia* (Tab. II. fig. 17*a. b*), *crispa, serrulata, cretica, atropurpurea, Cheilanthes odora* (Tab. II. fig. 22—24), *Acrostichum Marantae* (Tab. II. fig. 25); bei vielen Arten zeigen dagegen die Sporen eine ovale, auf einer Seite mit zwei in einer Längenkante zusammen-

stossenden Flächen versehene Form z. B. bei *Asplenium viride, Ruta muraria, Breynii, septentrionale, Davallia canariensis, Ceterach officinarum, Polypodium vulgare, aureum* (Tab. II. fig. 13. 14), *calcareum, Filix foemina, rhaeticum, Lonchitis, aculeatum, fragile* (Tab. II. fig. 15. 16), *Acrostichum alcicorne*. Es rührt diese Form von einer etwas verschiedenen Anlagerung der Sporen in den Mutterzellen her. Anstatt dass bei der tetraëdrischen Vereinigung der vier Sporen die Achsen derselben gegen den Mittelpunkt der Mutterzelle gerichtet sind, liegen sie bei diesen Sporen in paralleler Richtung; es ist daher leicht einzusehen, dass die angegebene Form der Sporen nothwendiger Weise durch ihren gegenseitigen Druck entstehen muss.

Die drei Kanten, mit welchen bei den pyramidalen Sporen die Seitenflächen zusammenstossen, und die Längenkante der eiförmigen Sporen sind wegen des engen Zusammenliegens der Sporen ziemlich scharf, und sind auch noch nach Ablösung der äusseren Haut unter der Form zarter Leisten an der innern Membran sichtbar (Tab. II. fig. 24).

Die *Osmundaceen* stimmen in Hinsicht auf ihre Sporen vollkommen mit den *Polypodiaceen* überein; so hat z. B. *Osmunda regalis, speciosa Wall., Mertensia gigantea, Gleichenia microphylla, Lygodium polymorphum* pyramidale Sporen, während sie bei *Mertensia pubescens* oval sind und eine Längenkante besitzen. Die pyramidalen Sporen von *Aneimia* zeichnen sich dadurch aus, dass die äussere Haut derselben nach Art der porösen Zellen mit dickeren Fasern besetzt ist, welche auf der convexen Seite der Spore in paralleler Richtung mit den Kanten verlaufen, in welchen die Zuspitzungsflächen mit der convexen Seite zusammenstossen (Tab. II. fig. 19—21 von *Aneimia adiantifolia*). Bei *Aneimia anthriscifolia Schrad.* sind die Streifen sehr zahlreich und schmal, und finden sich auch auf den pyramidalen Flächen; bei *Aneim. rotundifolia* und *diversifolia Schrad.* sind sie ebenfalls nur auf der convexen Seite und mit Stacheln besetzt.

Bei *Lycopodium* stimmt die Entwicklung und der Bau der kleinen, in den nierenförmigen Kapseln enthaltenen Samen vollkommen mit den Sporen der bisher betrachteten Pflanzen überein. Untersucht man bei *Lycopodium Selago* im Herbste die noch äusserst kleinen, mit dem blossen Auge noch nicht sichtbaren Kapseln, welche erst in dem zweitnächsten Jahre zur Entwicklung kommen, jedoch bereits in den Blattachseln der Endknospe zu finden sind, so trifft man sie mit einer schleimigen, körnigen Flüssigkeit erfüllt, in welcher die Mutterzellen unter der Form von äusserst zarten Bläschen schwimmen. In den im nächsten Jahre zur Reife kommenden Kapseln füllen die Mutterzellen die ganze Höhlung aus, und die Flüssigkeit, in welcher sie schwamen, ist verschwunden; in den Mutterzellen derjenigen Kapseln, welche in den obersten Blattachseln sitzen und noch am wenigsten entwickelt sind, ist der körnige Inhalt in einen Klumpen vereinigt (Tab. II. fig. 32), in den weiter entwickelten ist er in 4 Massen getrennt (Tab. II. fig. 29—31), welche sich zu vier, mit einer derben, glatten äusseren Haut versehenen Sporen entwickeln (Tab. II. fig. 28). Bei *Lycopodium annotinum* ist der Theil der äussern Haut, welcher die convexe Seite der Sporen überzieht, feinzellig, während die dreieckigen Flächen von einer gleichförmigen Haut, welche die Fortsetzung von jener zelligen bildet[1]),

1) Ich wollte an diesem Aufsatze, wie ich denselben im Jahre 1833 niedergeschrieben habe, nichts mehr ändern, desshalb liess ich auch die Stellen, welche sich auf den zelligen Bau der äussern Sporenhaut be-

überkleidet sind. Bei *Lycopodium clavatum, complanatum, alpinum* (fig. 26. 27. Tab. II.) ist dagegen die ganze äussere Haut zellig. Bei *Lycopodium denticulatum* (fig. 38. 39) ist die äussere Haut, so weit sie die convexe Seite überzieht, mit langen Stacheln bedeckt, auf den dreieckigen Flächen hingegen glatt.

Die Entwicklung der vier grösseren, in den höckerigen Kapseln gelegenen Samen habe ich bisher noch nicht gehörig verfolgt, und bemerke blos, dass dieselben ebenfalls eine äussere derbe, und eine innere zarte Haut und in Folge ihrer tetraëdrischen Vereinigung eine pyramidale Form besitzen.

Bei *Marsilea quadrifolia* und *Pilularia globulifera* entstehen die kleineren, als Pollenkörner beschriebenen Körner ebenfalls zu je vieren in runden, später verschwindenden Mutterzellen. Sie besitzen eine innere zarte, und eine äussere derbe, halb undurchsichtige, stark punktirte gelbe Haut. Ihr Inhalt ist ölig-körnig. In Wasser schwellen sie etwas an, die äussere Haut löst sich von der innern (Tab. II. fig. 35 *b*) und sondert eine Atmosphäre von einem ungefärbten zähen Schleime (fig. 35 *a*) ab. Durch Druck lässt sich die äussere Haut ablösen, und es erscheint die innere zarte, ungefärbte Haut, welche von dem früheren Drucke der anliegenden drei Körner drei zarte Leisten zeigt (fig. 36). Ob es gleich von diesen Körnern noch nicht ausgemacht ist, ob dieselben Sporen sind, so glaubte ich doch dieselben hier nicht übergehen zu dürfen, da ihr Bau eher hiefür, als für das Gegentheil zu sprechen scheint, und ihre Function als Pollenkörner mehr als zweifelhaft ist, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil dieselben in der völlig reifen Frucht, wenn die zweite Art von Sporen bereits zu voller Entwicklung gelangt ist, noch in ihren zelligen (für Antheren erklärten) Säcken eingeschlossen sind, ihren vollen Inhalt besitzen, und keine von denjenigen Veränderungen erlitten haben, welche beim Pollen der Phanerogamen nothwendigerweise mit seiner Funktion als befruchtendes Organ verbunden sind.

Dasselbe Dunkel in Hinsicht auf ihre Funktion schwebt noch über den feinen Körnern von *Isoëtes lacustris*. Dieselben besitzen ebenfalls zwei Häute, von denen die äussere ablösbare zart und fein punktirt ist. Die Form dieser Körner ist oval und sie besitzen eine Längenkante.

Die grösseren Körner von *Isoëtes* sind ihrer sehr harten, äusseren Haut nach eher den grösseren Körnern der Lycopodien, als den gewöhnlichen Sporen zu vergleichen. Sie besitzen von ihrer früheren Vereinigung eine pyramidale Zuspitzung; ihre innere Haut ist äusserst zart.

Dass beiderlei Körner sich zu vier und vier in Mutterzellen entwickeln, erhellt aus den Beobachtungen Wahlenberg's (Flor. Lappon. p. 294—296. Tab. XXVI).

Die Sporen von *Salvinia* entsprechen mehr den grösseren Sporen von *Marsilea* und *Pilularia* und zeigen in Hinsicht auf ihre Bildung keine Aehnlichkeit mit den bisher betrachteten.

Auch bei *Equisetum* findet eine solche Uebereinstimmung nur im entfernten Grade statt. Die jungen

ziehen, stehen. Spätere Untersuchungen, wie sie namentlich Meyen, Fritzsche, Mirbel über den Bau der äusseren Pollenhaut anstellten, zeigten bekanntlich, dass dieses zellige Aussehen nur scheinbar und nicht in der wirklichen Anwesenheit von Zellen begründet ist. Ueber den eigentlichen Bau der äussern Sporen- und Pollenhaut haben wir meiner Ansicht nach volle Aufklärung erst noch von künftigen Untersuchungen mit bessern Mikroskopen, als unsere jetzigen sind, zu erwarten. Anm. vom Jahr 1844.

Kapseln (von *Equisetum variegatum*) sind mit einem sehr zarten, polyëdrischen Zellgewebe erfüllt. Diese Zellen hängen in grösseren oder kleineren Massen (Tab. II. fig. 2. 3) zusammen, ohne dass aber dieselben von Mutterzellen umschlossen wären (wenn sie nicht vielleicht richtiger selbst als solche zu betrachten sind), und sind mit einer körnigen Masse erfüllt. In älteren Kapseln sind diese Zellen grösser und von einander getrennt, und der grüne körnige Inhalt bildet meistens eine in der Mitte der Zelle liegende Scheibe (Tab. II. fig. 4. 5). In noch älteren Kapseln ist diese grüne Scheibe in ein eiförmiges Korn umgewandelt und dieses ist von den zwei Elateren umwunden (Tab. II. fig. 6. 7). Die letzteren scheinen durch Spaltung der Zelle, in welcher sich das Korn bildet, zu entstehen und umgeben im Anfange das Korn unter der Form einer geschlossenen Hülle. Das Korn selbst besitzt zwei Häute, von denen die äussere ziemlich derb, die innere ungemein zart ist. Eine stylusartige Verlängerung, wie sie Hedwig am Korne abbildet, sah ich nie.

Bei den *Laubmoosen* treffen wir die Entwicklung der Sporen völlig übereinstimmend mit der bei den Farnen und Lebermoosen; man muss jedoch, um die Mutterzellen zu finden, die Kapsel in einer sehr frühen Periode untersuchen. Untersucht man z. B. die Kapsel von *Splachnum gracile* in dem Zeitpunkte, wo die Apophysis nur erst anzuschwellen anfängt (Tab. III. fig. 2. 3), so findet man, dass in derselben die Sporen bereits einzeln zwischen der Columella und der innern Kapselhaut liegen. Die äussere, aus 2—3 Zellenreihen und der Epidermis bestehende Kapselhaut (fig. 2 *a*, fig. 3 *a*), welche oben unmittelbar in das Operculum (fig. 3 *b*) und Peristom (fig. 3 *c*) übergeht, ist von der innern Haut und von der Columella unten durch einen leeren Raum (fig. 2 *b*, fig. 3 *d*) völlig getrennt und hängt auch auf ihrem übrigen Verlaufe nur leicht an der innern Kapselhaut an. In der Apophysis geht die äussere Kapselhaut in die äussere, aus rundlichen, mit Chlorophyllkörnern gefüllten Zellen gebildete Schichte (fig. 2 *c*, fig. 3 *e*) über. Die Columella und die an ihrem unteren Ende unmittelbar mit ihr zusammenhängende innere Kapselhaut bestehen aus zarten, kleine Chlorophyllkörner enthaltenden Zellen, welche eine Fortsetzung des centralen Stranges der Seta (fig. 2 *d*, fig. 3 *f*) sind; beide sind durch den Raum, in welchem die Sporen liegen (fig. 2 *e*, fig. 3 *g*) von einander getrennt, und es scheint dieser Raum mehr eine Aushöhlung in der Masse der Columella, als der Zwischenraum zwischen zwei verschiedenen Organen zu sein.

Untersucht man die Kapsel in einer noch früheren Periode (Fig. 1. Tab. III.), so ist der später von den Sporen eingenommene Raum mit einem äusserst zarten Zellgewebe (Tab. III. fig. 1 *f*) erfüllt, dessen Zellen in horizontalen Reihen liegen und kleine körnige Massen, die Anlagen zu den künftigen Sporen, enthalten. Es schien mir in einigen Zellen, als ob sich bei dieser Pflanze mehr als vier Sporen in einer Zelle entwickelten, bei der sehr geringen Grösse dieser Sporen konnte ich mir jedoch keine bestimmte Ueberzeugung darüber verschaffen und halte es für sehr ungewiss, ob es wirklich der Fall ist oder nicht.

Dagegen konnte ich mich bei *Neckera viticulosa* (Tab. III. fig. 7) *Polytrichum aloides, Orthotrichum crispum* (Tab. III. fig. 8) und andern Moosen auf das bestimmteste davon überzeugen, dass sich in jeder Mutterzelle regelmässig vier Sporen bilden, und dass dieselben in tetraëdrischer Vereinigung liegen. Da bei den meisten Moosen die Sporen nur eine sehr geringe Grösse besitzen, so ist es in den meisten Fällen nicht leicht, über ihren Bau zur Gewissheit zu gelangen; bei einigen hingegen, und insbesondere bei *Meesia*

uliginosa (Tab. III. fig. 5. 6) erlaubt ihre Grösse eine genaue Untersuchung, bei welcher sich zeigt, dass dieselben eine sehr zarte, wasserhelle innere Membran (Fig. 5 *a*) und eine gefärbte durchscheinende, feingekörnte, ablösbare, äussere Haut (Fig. 5. 6) besitzen, und dass ihr Inhalt ölig ist.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, in Beziehung auf die oben geäusserte Ansicht, dass die Sporen sich in einer Aushöhlung der Columella bilden, einige Bemerkungen über dieses Organ beizufügen. Ich bin weit entfernt, die Ansicht von Palisot Beauvois, dass sich die Moossamen in der Columella bilden und dass die zwischen der Columella und der innern Kapselhaut liegenden Körner als Pollen zu betrachten seien, für richtig zu halten, sondern überzeugt, dass die von Palisot Beauvois für Samen erklärten Körner nichts anderes sind, als die in den Zellen der Columella enthaltenen Chlorophyllkörner. Auf der andern Seite gibt aber die gewöhnliche Beschreibung der Moos-Kapsel ebenfalls keine richtige Vorstellung; wenn man nämlich sagt, es bestehe dieselbe aus der Columella und zwei, durch den die Samen enthaltenden Raum von ihr getrennten Häuten, so setzt man die Columella als centralen Theil den peripherischen Kapselhäuten gegenüber. Die anatomische Beschaffenheit dieser drei Organe scheint aber für eine Vereinigung der innern Kapselmembran und der Columella zu sprechen. Es unterscheidet sich nämlich die äussere Haut (Tab. II. fig. 8 *a*, fig. 18 *b*. Tab. III. fig. 1 *b*, fig. 2 *a*, fig. 3 *a*, fig. 4 *a*) in ihrem Baue immer bedeutend von der innern (Tab. II. fig. 8 *b*, fig. 18 *b*. Tab. III. fig. 1 *e*, fig. 2 *f*, fig. 3 *h*, fig. 4 *b*) und von der Columella durch die Richtung und Form ihrer Zellen, welche meistentheils keine Chlorophyllkörner enthalten, und durch ihre Entstehung aus der äussern Schichte der Seta; dazu kommt ihre lose Verbindung mit der innern Haut, von welcher sie, besonders in den frühern Stadien, häufig im untern Theile der Frucht durch einen leeren Raum völlig getrennt ist. Die innere Haut und die Columella scheinen dagegen durch ihre genaue Verwachsung an ihrer Basis und bei einigen, wie *Splachnum gracile*, auch an ihrem obern Ende (Tab. III. fig. 1 — 3), durch ihre gemeinschaftliche Entstehung aus dem Mittelstrange der Seta (Tab. III. fig. 1 — 3), durch den gleichen Bau und Chlorophyllgehalt ihrer Zellen und durch ihre Verbindung zu einer zusammenhängenden, von der äussern Membran nur lose umschlossenen Masse zu zeigen, dass sie beide zusammengehören und Theile eines und desselben Organes sind. Diese Aehnlichkeit der innern Kapselmembran und der Columella erhellt besonders deutlich aus der bei *Polytrichum* vorkommenden Bildung dieser Theile (vergl. Tab. II. fig. 8. fig. 18. von *Polytr. aloides*). Hier ist nämlich sowohl die innere Kapselhaut (fig. 8 *b*) als die Columella (fig. 8 *c*) aus lang gestreckten Zellen, welche zu lose neben einander liegenden Reihen, wie zu Confervenfäden verbunden sind, gebildet, mit Ausnahme derjenigen Schichten, welche die mit den Sporen gefüllte Höhle begränzen und aus gedrängt zusammengehäuften Zellen bestehen (fig. 8 *d*, *e*). Die innere Haut und die Columella sind auf gleiche Weise in vier Falten gelegt (Tab. II. fig. 18), während die äussere Haut, wenigstens bei einer Abtheilung dieser Gattung, nicht an dieser Faltung Antheil nimmt und so auch auf diese Weise ihre Unabhängigkeit von den beiden andern Gebilden beurkundet. Dass die innere Kapselmembran bei den mit einem doppelten Peristome versehenen Moosen an ihrem obern Rande in das innere Peristom übergeht und daher nicht mit dem obern, in der Höhlung des Operculum liegenden Theile der Columella verwachsen ist, könnte allerdings als ein Beweis dafür angeführt werden, dass diese beiden Bildungen nicht

Theile desselben Organes sind; auf der andern Seite lässt sich aber vielleicht mit grösserem Rechte einwenden, dass eine solche Trennung nicht immer ein Beweis von einer ursprünglichen Duplicität ist, wie aus den Suturen an der Theca der Antheren und an manchen Carpellen, ferner aus den Articulationen der Columella bei Polytrichum selbst, durch welche dieselbe in die eigentliche Columella (Tab. II. fig. 8 *c*) in das Epiphragma (fig. 8 *f*) und in den im Operculum bleibenden Theil (*g*) getrennt wird, erhellt. Es weist ferner die Bildung von *Dawsonia,* bei welcher von der Columella ein Peristom ausgeht, auf eine Verwandtschaft zwischen der Columella und der innern Kapselmembran hin.

Dass die Columella eine centrale Höhle besitzt, mag zwar bei einigen Moosen der Fall sein, in keinem Falle erzeugen sich aber in derselben die Sporen.

Nachdem ich im Bisherigen die Entwicklung der Sporen bei solchen Cryptogamen betrachtet habe, bei welchen (mit Ausnahme einiger Lebermoose) eine Scheidung von Stengel und Blattsubstanz stattfindet, und welche mit einem deutlichen Sporangium, das eine grössere oder geringere Aehnlichkeit mit den Früchten der Phanerogamen zeigt, versehen sind, so füge ich nun noch wenige Worte über die Sporenbildung der *Lichenen* bei, um den Zusammenhang anzudeuten, in welchem die Sporenbildung der höheren acotyledonischen Familien mit der der niedrigen Ordnungen (welche in einer zweiten Abhandlung betrachtet werden sollen) steht.

Die Flechtenfrucht besteht aus einem Nucleus von langgestreckten, sehr engen, unter einander durch eine gelatinose Masse verbundenen Zellen, welcher von einer mehr oder weniger deutlich von der übrigen Substanz des Lagers unterschiedenen Zellenschichte umgeben und nach aussen mehr oder weniger geöffnet ist. Zwischen diesen Faserzellen liegen grössere Zellenschläuche, in welchen die Sporen enthalten sind. Dass diese Schläuche den in der bisherigen Darstellung mit dem Ausdrucke der Mutterzellen bezeichneten Zellen in den Sporangien der höheren acotyledonischen Familien entsprechen, ist für sich klar. Es tritt nun aber der Unterschied ein, dass bei den Apothecien der Lichenen die in den höhern Familien stattfindende Einheit der Frucht in so ferne aufgehoben ist, als die in denselben enthaltenen Mutterzellen und Sporen nicht mehr alle eine gleichzeitige Entstehung und Reife zeigen, sondern unabhängig von einander ihre Entwicklungsstufen durchlaufen (Tab. III. fig. 14).

Die Mutterzellen, welche in den bisher betrachteten Familien in dem Zeitpunkte, in welchem die Sporen einen gewissen Grad der Ausbildung erreicht haben, resorbirt werden, erhalten bei den *Lichenen* eine grössere Selbstständigkeit, überleben die völlige Entwicklung der Sporen und ersetzen so gleichsam das fehlende Sporangium. Sie erhalten dabei eine grössere Dicke ihrer Wandung (Tab. III. fig. 15 *a*), welche besonders auffallend ist, wenn wir dieselben mit den engen, dünnwandigen Zellen, aus welchen die übrige Substanz der Flechten besteht, vergleichen.

Die Entwicklung der Sporen in den Mutterzellen der Flechten geschieht auf eine ähnliche Weise, wie in den höher stehenden Familien der Cryptogamen, indem die Mutterzellen anfangs mit einer trüblichen, körnigen Masse erfüllt sind (Tab. III. fig. 14 *b*), welche sich später in eine bestimmte Anzahl von zarthäutigen Sporen umwandelt. Hier tritt nun aber die Verschiedenheit ein, dass die Zahl der in jeder Zelle entwickelten

Sporen nicht mehr auf die Vierzahl beschränkt ist, sondern bedeutend anwächst. So viel mir jedoch bis jetzt meine Beobachtungen zeigten, so spricht sich in der Zahl der in einer Mutterzelle sich entwickelnden Sporen dennoch eine bestimmte Regel aus. Ich glaube nämlich gefunden zu haben, dass sich in den meisten Fällen in jeder Mutterzelle 8 Sporen entwickeln (Tab. III. fig. 14*c. c. c*). Diese Sporen (Eschweiler's thecae) sind in den meisten Fällen nicht einfache Zellen (wie dieses jedoch z. B. bei *Usnea barbata* Tab. III. fig. 11 vorkommt), sondern bestehen aus zwei (z. B. *Borrera ciliaris* Tab. III. fig. 12), oder aus vier (z. B. *Peltigera resupinata, rufescens* (Tab III. fig. 10), oder aus 12—16 (*Arthonia tremellosa Eschw.* Tab. III. fig. 13) in linienförmiger Vereinigung verwachsenen Zellen [1]). Es scheint sich also in der Bildung der Sporen bei allen Cryptogamen (denn auch bei den Schwämmen und Algen werden wir ähnliche Zahlen antreffen) ein durchgreifendes Zahlenverhältniss auszusprechen, indem die Zahlen der in einer Mutterzelle gebildeten Zellen bei den Flechten der Reihe 8, 16, 32 (64?), 96, 128 angehören, also Multipla von vier sind.

In den meisten Fällen sind die Sporen der Lichenen zu klein, als dass man mit gehöriger Sicherheit ihren Bau bestimmen könnte; wo dieselben hingegen eine bedeutendere Grösse erreichen, scheinen sie mir aus einer innern, zarten, wasserhellen und einer äussern, in manchen Fällen feingekörnten Membran zu bestehen. Häufig enthalten sie in ihrem Innern einen Oeltropfen, welchen man auch nicht selten durch ihre Haut durchscheinen sieht z. B. bei *Borrera ciliaris* (Tab. III. fig. 12. fig. 14).

Werfen wir nun einen Blick auf die im bisherigen erzählten Thatsachen zurück, und vergleichen wir diese Erscheinungen mit dem, was uns die Untersuchung des Eies der Phanerogamen zeigt, so können wir nicht lange im Zweifel darüber bleiben, ob die Spore der Acotyledonen ein dem Eie der Phanerogamen verwandtes Gebilde ist oder nicht [2]).

Betrachten wir zuerst die Art und Weise, in welcher der sich bildende Samen mit der Mutterpflanze in Verbindung steht, so werden wir in dieser Beziehung zwischen den Phanerogamen und den Cryptogamen den auffallendsten Unterschied wahrnehmen.

Bekanntlich ist das Ei der Phanerogamen beständig ein Auswuchs auf dem Rande oder auf der obern Fläche eines metamorphosirten Blattes und stellt gleichsam eine Knospe vor, an welcher eine Achse (funiculus umbilicalis) und peripherische, blattähnliche, und auch in manchen Fällen abnormer Entwicklung in wirkliche Blätter übergehende Gebilde (Eihäute) zu unterscheiden sind. In der von dem innersten dieser Organe umschlossenen Höhlung entwickelt sich nun nach vorausgegangener Befruchtung der Embryo unter der Form einer zelligen, durch einen feinen Faden mit der Mutterpflanze in Verbindung stehenden Masse und

1) Es entsteht nun die Frage, sind die 8 Körper, von welchen jeder aus einer gewissen aber geringen Anzahl von Zellen besteht (theca) Sporen zu nennen, oder verdient jede einzelne Zelle diesen Namen? Ich für meinen Theil möchte eher die zweite dieser Fragen bejahen.

2) Bei den folgenden Betrachtungen ist auf die Sporen von *Salvinia*, so wie auf die grösseren Körner von *Lycopodium*, *Pilularia*, *Marsilea* und *Isoëtes* keine Rücksicht genommen, indem diese von den kleineren Körnern derselben Pflanzen und den Sporen der übrigen Cryptogamen in vielen Beziehungen abweichen, und desshalb nicht mit ihnen zusammengefasst werden können.

es erscheint auf diese Weise das vegetabilische Ovulum und sein Embryo in der That mehr unter der Form einer Sprosse, als unter der eines wirklichen Eies.

Fassen wir dagegen die Entwicklung der Sporen ins Auge, so zeigt sich schon darin ein wesentlicher Unterschied von dem Eie der Phanerogamen, dass dieselben nicht auf dem Rande oder der Fläche eines blattartigen Gebildes sitzen, sondern in grosser Masse zusammengehäuft, ohne an einem Nabelstrang befestigt zu sein, die Höhlung des Sporangiums erfüllen. Die wichtige Frage, ob das Sporangium derjenigen Cryptogamen, bei welchen bereits eine Scheidung zwischen Stengel und Blatt eingetreten ist, wie das Carpell der Phanerogamen durch die Metamorphose von Blättern gebildet ist, oder nicht, genügend zu beantworten, übersteigt, wie ich offen eingestehe, meine Kräfte, kann aber auch hier unerledigt bleiben. Mag nun diesem sein, wie ihm will, so ist so viel gewiss, dass die ganze Höhle des Sporangiums von einem gleichförmigen, aus grossen Blasen gebildeten Zellgewebe erfüllt ist, dass diese Zellen nicht aus den Wandungen des Sporangiums hervorsprossen, sondern dass sie in der Flüssigkeit, mit welcher diese Höhle erfüllt ist, sich erzeugen, und dass sich nun in diesen Zellen, ohne einen organischen Zusammenhang unter einander oder mit dem mütterlichen Organismus zu haben, die Grundlagen der künftigen Gewächse entwickeln. Anfänglich zeigen dieselben als formlose Zusammenhäufungen einer körnigen Materie noch keine organische Structur und erlangen erst später, indem sie sich mit einer zarten Haut umkleiden, feste Begränzung und Individualität; sie haben wegen dieses Mangels an organischem Zusammenhange mit der Mutterpflanze grössere Aehnlichkeit mit dem thierischen Eie, als das Ovulum der Phanerogamen.

Gehen wir nun zu der Structur der Sporen über, so zeigt sich auch hier keine geringere Verschiedenheit vom phanerogamischen Eie. Während bei diesem die umhüllenden Organe, welche zugleich in vielen Fällen als Niederlage der Ernährungsstoffe für die künftige Pflanze dienen, zuerst gebildet werden, und der Embryo als eine Sprosse von diesen erscheint, so werden im Gegentheile bei der Spore die umhüllenden Häute später gebildet, als der enthaltene Theil, und dieser verliert während der Ausbildung der Häute alle organische Structur und löst sich in eine ölartige Flüssigkeit auf, in welcher vom künftigen Pflänzchen auch nicht die leiseste Andeutung zu sehen ist.

Fassen wir alles dieses zusammen, so muss es uns nothwendigerweise zu dem Schlusse führen, dass die Sporen der Acotyledonen mit dem Samen einer phanerogamischen Pflanze nicht verglichen werden können, sondern als ein ganz eigenthümliches Gebilde betrachtet werden müssen [1]). Es folgt aber auch, dass dieselben auch nicht einem einzelnen Theile des phanerogamischen Samens entsprechen. Wenn Treviranus dieselben für ein blosses Perisperm ohne Cotyledon und Embryo, und Fischer für eine cotyledonenähnliche Masse ohne Perisperm, ohne Plumula und Radicula erklären, so widerspricht einer solchen Vergleichung

1) Wenn auch noch in der neuesten Zeit eine Parallele zwischen dem Samen der Phanerogamen und den Sporen mancher Lebermoose zu ziehen von Corda versucht wurde, indem derselbe bei *Targionia* die Mutterzelle als Eihaut, die Elatere als Nabelstrang beschrieb und bei *Riccia ciliata* ein Albumen und einen von demselben umhüllten Embryo zu finden glaubte, so widersprechen diesem eben sowohl die anatomischen Untersuchungen, als die Vorgänge bei der Keimung.

noch insbesondere die formlose Beschaffenheit ihres Inhaltes. Dass aber die Spore auch nicht für einen nackten Embryo zu halten ist, wie noch in der neuesten Zeit Agardh lehrte, beweist ausser ihrer Entwicklungsgeschichte besonders der Umstand, dass sie eine äussere Haut besitzt, welche bei der Keimung abgeworfen wird.

Auf den ersten Blick könnte es scheinen, dass die Entwicklung der Sporen, wie ich sie hier dargestellt habe, als Bestätigung für die in neueren Zeiten von Turpin und Raspail aufgestellte Theorie der Entwicklung der vegetabilischen Materie dienen könnte; eine nähere Betrachtung wird aber im Gegentheile zeigen, dass dieselbe einen bedeutenden Beweis für die völlige Unrichtigkeit dieser Ansichten zu liefern im Stande ist. Turpin und Raspail sind nämlich der Ansicht, es gehe in den Pflanzen die Entwicklung neuer Theile auf die Weise vor sich, dass auf der innern Seite der Zellwandung Körner auswachsen, welche sich in Zellen verwandeln, denen dasselbe Vermehrungsvermögen zukomme; dieser Vorgang soll sich ins Unendliche wiederholen, und nur auf diese Weise die vegetabilische Substanz sich bilden und entwickeln können. Turpin [1]) gibt dabei für bestimmt an, dass diese aus der Zellwandung auswachsenden Körner (*Globuline*) sich nie zu einem grösseren Korne vereinigen, sondern dass, wenn eines derselben sich stärker vergrössere, dasselbe den andern die Nahrung entziehe und dass es nun in seinem Innern neue Körner erzeuge. Nun kann man aber bei Beobachtung der Sporen in ihren früheren Stadien sich auf das bestimmteste davon überzeugen, dass sie aus einer in der Flüssigkeit der Zellen suspendirten, trüblichen, körnigen Masse entstehen, dass sich erst später um diese coagulirte Masse eine Membran bildet, welche sich noch später mit einer zweiten Membran umkleidet und dass zuletzt die im Innern der unreifen Spore enthaltenen Körner sich in eine homogene Flüssigkeit verwandeln. Es zeigt sich also auf das deutlichste, dass der Vorgang bei der Entwicklung der Sporen gerade der entgegengesetzte von dem ist, welchen diese französischen Phytotomen nicht beobachtet, sondern erträumt haben.

Versuchen wir, ob sich nicht vielleicht die Sporen, da sie dem Gesagten zu Folge mit dem Eie der Phanerogamen eine so geringe, oder vielmehr keine Verwandtschaft haben, mit einem andern Organe derselben vergleichen lassen, so muss es uns auffallen, dass dieselben sowohl in Hinsicht auf die Art ihrer Entwicklung, als in Hinsicht auf ihren Bau eine sehr grosse Aehnlichkeit mit den Pollenkörnern besitzen. Dass auch die letzteren sich im Innern von Zellen, welche mit der Reife des Pollens wieder verschwinden, entwickeln, ist aus den Beobachtungen von Ad. Brongniart und Rob. Brown allgemein bekannt; noch grösser wird diese Aehnlichkeit in der Entwicklung dadurch, dass dasselbe Zahlengesetz, welches wir oben bei den Sporen fanden, auch bei den Pollenkörnern vorkommt, indem bei der Mehrzahl der Phanerogamen sich vier Pollenkörner, welche meistens in tetraëdrischer Vereinigung liegen und nur in seltenern Fällen eine parallele Lage besitzen, in einer Zelle entwickeln, und wenn es deren mehrere sind, was bei einigen Pflanzen vorkommt, in jeder Zelle 8 oder bei anderen 16 Pollenkörner entstehen. Ebenso sehr, wie in Hinsicht auf ihre Entwicklung, stimmen ferner diese beiden Organe in Hinsicht ihrer Structur überein, indem wir, wie bei den

1) Observations sur quelques végétaux microscopiques. Mém. du Museum. 1827.

Sporen, so auch bei den Pollenkörnern eine innere, zarte, gleichförmige Membran und eine äussere, derbere, bald zellige, bald gekörnte, glatte oder stachlige Haut finden.

Diese Aehnlichkeiten springen zu sehr in die Augen, als dass wir nicht zu einer nähern Vergleichung dieser beiden Organe dadurch veranlasst werden sollten. Zeigen sie uns nun nichts weiter, als dass die Pollenkörner der Phanerogamen und die Sporen der Cryptogamen auf eine analoge Weise sich entwickeln, oder ist die Uebereinstimmung derselben so bedeutend, dass wir Sporen und Pollenkörner für ein und dasselbe Organ zu halten und diesem in der einen Reihe des Gewächsreiches männliche, in der andern weibliche Functionen zuschreiben müssen? So widersinnig das letztere auf den ersten Anblick scheint, so ist diese Ansicht doch in der neueren Zeit von Turpin und zum Theil auch von Agardh geäussert worden. Agardh stellt jedoch nicht alle Sporen in Parallele mit den Pollenkörnern. Er ist der Meinung, dass zwei Fortpflanzungsweisen durch das ganze Pflanzenreich gehen, von denen die eine vermittelst nackter Embryonen, die andere vermittelst Samen geschehe. Zu den erstern dieser Organe gehören ein Theil der Sporen der Cryptogamen und die Pollenkörner der Phanerogamen, zu den zweiten der andere Theil der Sporen und die Samen der Phanerogamen (Biologie der Pflanzen p. 418). Die Sporen der Pilze erklärt Agardh für Embryonen, die in den Apothecien der Flechten enthaltenen Thecae für unvollkommene Samen, bei den Algen findet er Embryonen, die Hedwig'schen Antheren der Laubmoose hält er für Samen, die Theca für einen Fruchtknoten, der beim Reifen zur Anthere wird, deren Inhalt den Pollenkügelchen entspricht, welche Pollenkügelchen aber keimen und desshalb Embryonen sind. Bei den Lycopodineen sind die feinen Kügelchen der nierenförmigen Kapseln in typischer Hinsicht Pollen, die der grössern Kapseln Samen, in functionärer Hinsicht sind die erstern Embryonen, die letztern Samen; bei den Equiseteen sind die Sporen Embryonen, bei den Farnen sind die sogenannten Kapseln Samen, und die sogenannten Samen Embryonen, die Kapseln von Lygodium, Anemia etc. sind dagegen Staubgefässe [1]).

Früher wurden bekanntlich die Sporen der Cryptogamen ebenfalls von Vielen ihrem äussern Ansehen nach für Pollenkörner gehalten, nachdem aber die Keimung derselben beobachtet wurde, so wurden dieselben bei einer Pflanze nach der andern für Samen erklärt, indem es niemand in den Sinn kam, dass ein Organ, aus welchem sich ein der Mutterpflanze ähnliches Gewächs entwickelte, seiner morphologischen Bedeutung nach ein Pollenkorn sein könnte. Agardh sieht hingegen in dem Keimungsvermögen der Sporen keinen Gegenbeweis gegen ihre Pollennatur, indem er die Entwicklung von Confervenfäden aus den Sporen in Parallele

1) Ich überlasse es dem Leser, in diesen Ansichten Agardh's einen klaren Sinn und innere Harmonie zu suchen und eine Uebereinstimmung zwischen denselben und dem, was uns die Natur zeigt, aufzufinden; ich für meinen Theil gestehe offen, dass es mir scheint, die Ansicht, dass die Kapsel der Polypodiaceen und der Osmundaceen in morphologischer Hinsicht gänzlich verschieden sei, dass die eine ein Same mit mehreren Embryonen, die andere eine Anthere sei, dass sich die Farnkapsel und ihre Sporen auf dieselbe Weise von der Mooskapsel unterscheide, dass die Sporen der Flechten und die der Pilze gänzlich verschiedene Organe seien u. s. w., entferne sich nicht wenig von der Wahrheit, und es habe Agardh die offen daliegende Analogie zwischen diesen Gebilden übersehen und ohne hinreichende Gründe naturwidrige Trennungen geschaffen.

setzt mit dem Umstande, dass die Pollenkörner Röhren austreiben, welche in die Narbe eindringen; ein Vorgang, welchen er für eine anfangende Keimung der Pollenkörner erklärt.

So scharfsinnig auch diese Vergleichung ist, und so vieles auch auf den ersten Anblick für die Richtigkeit derselben zu sprechen scheint, so zweifle ich dennoch, ob sich dieselbe bei einer nüchternen Prüfung probehaltig zeigen werde. Was nämlich die Entwicklung von Röhren aus den Pollenkörnern anbetrifft, so scheinen mir die Erscheinungen, welche wir bei diesem Vorgange bemerken, nicht dafür zu sprechen, dass wir denselben mit dem Processe der Keimung vergleichen dürfen. Bei der Keimung wird durch die günstigen äusseren Einflüsse die schlummernde Lebenskraft des Keimes zu einer neuen Thätigkeit erregt, welche sich durch chemische Umwandlung seiner Substanz, durch weitere organische Ausbildung derselben und Entwicklung neuer Theile kund gibt. Ganz anders verhält es sich dagegen bei den Pollenkörnern. Diese schwellen in jeder Flüssigkeit, in welche man dieselben bringt, mag diese Flüssigkeit ein von der Pflanze ausgeschiedenes Fluidum, oder reines Wasser sein, oder ein dem Leben feindseliges Princip, wie Säuren, Alcohol oder dgl. enthalten, wie jede andere dünnhäutige Pflanzenzelle in Folge der Aufsaugung dieser Flüssigkeit an, und nun erfolgt das Austreten der aus einer blinden Verlängerung der innern Haut gebildeten Röhre mit einer der Schnelligkeit der Einsaugung proportionalen Geschwindigkeit und zwar in den meisten Fällen an festbestimmten, durch den Bau der Pollenhäute bestimmten Stellen, und es erfolgt dieses Austreten häufig eben sowohl bei Pollen, welcher seit vielen Jahren völlig vertrocknet war, als bei frisch aus der Anthere genommenem. Es erfolgt dieser Vorgang schnell und ohne andere Veränderungen im Pollenkorne, als solche, welche unmittelbare Folge der Vermischung seines Inhaltes mit der eingesaugten Flüssigkeit sind. Es sprechen daher alle Erscheinungen dafür, dass diese Veränderungen des Pollenkornes nicht Folge eines vitalen Processes, sondern Folge seines mechanischen Baues sind. Es ist zwar wahr, dass es einige Umstände gibt, welche dagegen zu sprechen scheinen, und in mir selbst ist, als ich mir bei meinen Untersuchungen des Pollens die hier geäusserte Ansicht ausbildete, der Zweifel aufgestiegen, ob nicht die Veränderungen, welche das Pollenkorn auf der Narbe erleidet, andere seien, als die, welche es in Wasser zeigt, besonders desswegen, weil auch solche Pollenkörner, welche in Wasser keine Röhren entwickeln, es auf der Narbe thun. Die Erklärung dieses Umstandes glaube ich aber in folgendem suchen zu müssen. Es tritt dieser Umstand nur bei denjenigen Pollenkörnern ein, bei welchen die äussere und innere Haut an allen Stellen eine gleichförmige Structur hat, und die Stellen, wo sich die Röhren entwickeln, nicht vorgebildet sind, und es tritt an jeder Stelle, mit welcher das Pollenkorn die Narbe berührt, mag es eine einzige oder mögen es deren zwei sein, eine Röhre hervor; dieses ist nun wohl darin begründet, dass diese Berührungsstellen, weil die Narbenfeuchtigkeit durch sie in das Korn eindringt, durch die dadurch veranlasste Erweichung eine grössere Ausdehnungsfähigkeit erhalten, als der übrige Theil der Haut besitzt; dagegen erfährt die ganze Haut des Kornes, wenn dasselbe in Wasser gebracht wird, diesen Einfluss, wird daher auch gleichförmig durch den Druck des eingesaugten Wasser ausgedehnt, und treibt keine Röhre aus [1]).

1) Diese Schlussfolgerungen haben freilich durch die späteren Entdeckungen der Veränderungen, welche die Pollenkörner auf der Narbe, im Honigsafte der Blüthen u. s. w. erleiden, ihre Gültigkeit völlig verloren,

Betrachten wir dagegen den Vorgang der Keimung bei den Sporen, so zeigt sich dieser in jeder Rücksicht verschieden. Wasser allein veranlasst nie bei einer Spore durch schnelle Ausdehnung ihrer innern Haut das Hervortreten eines solchen Schlauches, sondern durch den in Folge der längern Einwirkung der Feuchtigkeit und der übrigen günstigen äussern Umstände aufgeregten Lebensprocess erleidet ihr öliger Inhalt eine organische Veränderung, es wächst dieselbe zu einer grüngefärbten Zelle aus, welche die Sporenhaut zersprengt, in zwei Richtungen (dem Lichte entgegen als Grundlage des Stammgebildes und von demselben abgewendet als Grundlage der Wurzel) auswächst, und durch neue Erzeugung von grüngefärbten Zellen an dem dem Lichte zugekehrten Theile ein eigenthümliches Gebilde erzeugt, aus welchem sich später ein der Mutterpflanze ähnliches Gewächs entwickelt.

Ich übergehe eine nähere Betrachtung dieses Mittelgebildes, welches in den neueren Zeiten so häufig für eine Conferve ausgegeben wurde, weil hiebei eine Menge intrikater Punkte zur Betrachtung kämen, welche in keiner unmittelbaren Beziehung zu meinem gegenwärtigen Zwecke stehen, und beschränke mich auf einige Folgerungen, welche aus dem Keimungsacte der Sporen hergeleitet werden können. Es wird sehr häufig behauptet, dass die Sporen aus einer von keiner Haut umschlossenen Vereinigung von körnerähnlichen Zellen bestehen, an welcher sich keine weitern Theile unterscheiden lassen, dass dieselben daher einem Albumen ohne Embryo zu vergleichen seien, und dass bei der Keimung durch unmittelbare Vergrösserung dieser Zellenmasse jenes Mittelgebilde erzeugt werde, aus dem die Pflanze erwachse. Dass diese Vorstellung nicht auf die Spore vor der Keimung passe, erhellt aus den oben gegebenen Beschreibungen derselben, aber auch bei der keimenden Spore zeigt es sich beständig, dass aus derselben nicht eine ganze Zellenmasse auf einmal hervorbricht, sondern es entwickelt sich dieselbe zu einer einzigen Zelle, welche erst die übrigen, das Mittelgebilde zusammensetzenden Zellen erzeugt.

Nicht weniger unrichtig ist aber auch die entgegengesetzte Ansicht, dass die Spore ein nackter Embryo sei; denn es zeigt, übereinstimmend mit der anatomischen Untersuchung der Spore, der Umstand, dass bei ihrer Keimung eine Membran abgeworfen wird, auf das deutlichste, dass die Spore aus einem umhüllenden Theile und aus der Grundlage der künftigen Pflanze zusammengesetzt ist.

Fassen wir nun die wesentlichsten Punkte dieser Untersuchungen zusammen, so ergeben sich als Hauptresultate derselben, dass die Sporen auf eine von dem Eie der Phanerogamen gänzlich verschiedene Weise, nicht unter der Form von Sprossen, sondern in der Gestalt von Niederschlägen entstehen, welche sich in eigenen, mit der Reife der Sporen wieder verschwindenden Zellen in bestimmter Anzahl bilden, sich im Verlaufe der Entwicklung mit zwei Häuten umkleiden und alsdann in eine ölartige Flüssigkeit umgewandelt werden. Es zeigte sich ferner, dass die Sporen, ob sie gleich in Hinsicht auf ihre Entwicklung und ihren Bau die grösste Aehnlichkeit mit den Pollenkörnern der Phanerogamen zeigen, dennoch durch ihre gänzlich abweichende Lebensthätigkeit sich als ein von dem Pollen verschiedenes Organ beurkunden.

ich glaubte jedoch dieselben nicht späteren und fremden Erfahrungen gemäss ändern zu dürfen, indem eine solche Aenderung im Widerspruche mit der historischen Entwicklung der Lehre von der Spore und dem Pollenkorne stehen würde (Anm. vom Jahr 1844).

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Abbildungen wurden mittelst des Sömmerring'schen Spiegels gezeichnet. Die in Klammern eingeschlossenen Zahlen bezeichnen die Stärke der Vergrösserungen.

Tab. II.

Fig. 1. Senkrechter Durchschnitt durch die Frons und das Sporangium von ***Riccia glauca.*** — a. Wandung des Sporangiums — b. Stylusartige Verlängerung desselben. — c. c. Unterste Schichte der Frons, aus verlängerten Zellen, welche keine Chlorophyllkörner enthalten, bestehend. — d. d. Wurzeln. — e. e. Parenchymatose, grüne Zellen der Frons. — f. Epidermis. — g. Junge Sporen, je zu 4 in Mutterzellen eingeschlossen (70).

Fig. 2. 3. Zellgewebe, welches die jungen Kapseln von ***Equisetum variegatum Willd.*** erfüllt (200).

Fig. 4. 5. Dieselben in weiter entwickeltem Zustande. Die grüne körnige Masse hat sich zu einer in der Mitte der Zelle liegenden Scheibe (a) vereinigt (200).

Fig. 6. 7. Von ihren Elateren umwundene Sporen von ***Equisetum variegatum*** (200).

Fig. 8. Längenschnitt durch den obern Theil der Kapsel von ***Polytrichum aloides.*** — a. Aeussere Kapselmembran. — b. Innere Membran. — c. Lockeres Zellgewebe der Columella. — d. e. Festere Schichten der äussern Kapselhaut und Columella, welche die Sporenhöhlen begränzen. — f. Epiphragma. — g. Oberer Theil der Columella, mit dem Operculum verwachsen. — h. Peristom (48).

Fig. 9. 10. Reife Sporen von ***Riccia glauca*** (200).

Fig. 11. 12. In den Mutterzellen eingeschlossene Sporen von ***Riccia glauca*** (200).

Fig. 13. 14. Sporen von ***Polypodium aureum*** (200).

Fig. 15. 16. Sporen von ***Aspidium fragile*** (200).

Fig. 17. Sporen von ***Pteris longifolia.*** — a. b. Reife Sporen. — c. Eine in Wasser aufgeschwollene Mutterzelle mit ihren vier Sporen. — d. Eine die vier Sporen eng umschliessende Mutterzelle (200).

Fig. 18. Querschnitt durch die Kapsel von ***Polytrichum aloides.*** — a. Epidermis. — b. Aeussere Kapselhaut. — c. Innere Kapselhaut. — d. Aus locker verbundenen Zellen bestehender Theil derselben. — e. Aeussere Schichte der Columella. — f. Mittlerer, aus locker verbundenen Zellen bestehender Theil derselben. — g. Sporen (48).

Fig. 19—21. Sporen von ***Aneimia asplenifolia.*** — Fig. 19. Ansicht der convexen Seite. — Fig. 20. Seitenansicht. — Fig. 21. Ansicht der pyramidalen Seite (200).

Fig. 22—24. Sporen von ***Cheilanthes odora.*** — Fig. 22. Ansicht der pyramidalen Seite. — Fig. 23. Seitenansicht. — Fig. 24. Spore, von welcher die äussere Haut (a) dem grössten Theile nach abgelöst ist (200).

Fig. 25. Spore von ***Acrostichum Marantae*** (200).

Fig. 26. 27. Sporen von ***Lycopodium alpinum.*** — Fig. 26. Seitenansicht. — Fig. 27. Ansicht der convexen Seite (200).

Fig. 28—32. Sporen von *Lycopodium Selago.* — Fig. 28. Reife Spore, von der pyramidalen Seite aus gesehen. — Fig. 29. Junge, noch zu vier vereinigte Sporen, durch Druck ihres Inhaltes entleert. — Fig. 30. 31. Junge, zu vier vereinigte Sporen in ihren Mutterzellen. — Fig. 32. Mutterzelle, in welcher der körnige Inhalt noch in einem Klumpen vereinigt ist (200).

Fig. 33. 34. Sporen von *Jungermannia epiphylla.* — Fig. 33. Junge, noch zu vier vereinigte Sporen. — Fig. 34. Durch Druck entleerte Sporen (200).

Fig. 35—37. Sporen (?) von *Marsilea quadrifolia.* — Fig. 35. In Wasser angeschwollene Spore. — a. Schleimatmosphäre. — b. Aeussere Haut. — c. Durchscheinende innere Haut. — Fig. 36. Innere Haut der Spore isolirt dargestellt. — Fig. 37. Vier Sporen in tetraëdrischer Vereinigung (200).

Fig. 38. 39. Sporen von *Lycopodium denticulatum.* — Fig. 38. Seitenansicht. — Fig. 39. Ansicht der pyramidalen Seite (200).

Fig. 40. 41. Sporen von *Jungermannia multifida* (200).

Fig. 42. Schleuder von *Jungermannia multifida,* in welcher Amylumkörner sich befinden, und der Spiralfaden noch nicht zur Entwicklung kam (200).

Tab. III.

Fig. 1. Längenschnitt durch einen Theil einer noch sehr jungen Kapsel von *Splachnum gracile Dicks.* — a. Epidermis. — b. Aeussere Kapselwand. — c. Leerer Raum zwischen dem untern Theile der äussern und innern Kapselwand. — d. Verbindungsstelle zwischen der Columella (g. g.) und der innern Kapselmembran (e). — f. Zartes Zellgewebe, in welchem die Substanz, aus der sich später die Sporen bilden, unter der Form von körnigen Massen liegt (200).

Fig. 2. Längenschnitt durch eine etwas ältere Kapsel von *Splachnum gracile.* — a. Aeussere Kapselhaut. — b. Freier Raum zwischen der äussern und innern Haut. — c. Aeussere, aus rundlichen Zellen gebildete Schichte der noch nicht angeschwollenen Apophysis. — d. Mittlerer Strang der Apophysis, welche in die innere Kapselmembran (f) und die Columella (g) übergeht. — e. Raum, in welchem die Sporen liegen (70).

Fig. 3. Längenschnitt durch eine etwas ältere Kapsel von *Splachnum gracile.* — a. Aeussere Kapselmembran. — b. Operculum. — c. Peristom. — d. Leerer Raum zwischen der äussern und innern Kapselmembran. — e. Aeussere Schichte der in ihrer Entwicklung begriffenen Apophysis. — f. Innerer Strang derselben. — g. Raum, in welchem die Sporen liegen. — h. Innere Kapselmembran. — i. Columella, deren Zellen, so wie die der innern Kapselmembran Chlorophyllkörner enthalten (70).

Fig. 4. Querschnitt durch eine junge Kapsel von *Neckera viticulosa.* — a. Aeussere Kapselmembran. — b. Innere Kapselmembran. — c. Raum, in welchem die in ihren Mutterzellen eingeschlossenen Sporen liegen. — d. Columella (70).

Fig. 5. 6. Sporen von *Meesia uliginosa.* — Fig. 5. Die äussere Haut (b) ist von der innern (a) zum Theile abgelöst (200).

Fig. 7. In den Mutterzellen eingeschlossene Sporen von *Neckera viticulosa* (200).

Fig. 8. Zu vier zusammenhängende Sporen von ***Orthotrichum crispum*** (200).

Fig. 9. Sporen von ***Sticta pulmonacea*** (200).

Fig. 10. Sporen von ***Peltigera resupinata*** (200).

Fig. 11. Sporen von ***Usnea barbata*** (200).

Fig. 12. Sporen von ***Borrera ciliaris*** (200).

Fig. 13. Sporen von ***Arthonia tremellosa Eschw.*** (200).

Fig. 14. Längenschnitt durch einen Theil des Apotheciums von ***Borrera ciliaris***. — a. Junge Mutterzelle. — b. Etwas ältere mit körniger Masse erfüllte Mutterzelle. — c. c. Ausgewachsene Mutterzellen, deren jede 8 Sporen enthält (200).

Fig. 15. Querschnitt durch einen Theil des Apotheciums von ***Borrera ciliaris***. — a. Mutterzellen. — b. Faserzellen (200).

VII.

Ueber
die Entwicklung der Sporen von Anthoceros laevis.

(Aus der Linnaea. 1839.)

Vor mehreren Jahren machten beinahe zu gleicher Zeit Hr. v. Mirbel und ich Beobachtungen über die Entwicklung der Sporen bekannt. Ungeachtet die Resultate unserer beiderseitigen Untersuchungen in den wichtigeren Punkten übereinstimmten, so wichen sie doch auch wieder in mancher Beziehung von einander ab. Der Umstand, meine Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte eines so wichtigen Organes nicht in völliger Uebereinstimmung mit denen eines so geübten Beobachters, wie des Hrn. v. Mirbel, zu sehen, bewog mich, über diesen Gegenstand neue Untersuchungen anzustellen. Ich wählte zu diesem Behufe den *Anthoceros laevis,* welche Pflanze mir aus dem Grunde die geeignetste zur Verfolgung der Entwicklungsgeschichte der Sporen schien, weil in ihren Mutterzellen eine weit geringere Menge von Körnern enthalten ist, als bei allen übrigen von mir in dieser Hinsicht untersuchten Cryptogamen, welcher Umstand mich hoffen liess, die Bildung der Sporenhäute eher, als bei andern Pflanzen an ihr verfolgen zu können. Zur Bekanntmachung der Resultate dieser Untersuchungen sehe ich mich um so mehr veranlasst, als dieselben in mancher Beziehung zur Bestätigung der von Mirbel aufgestellten Ansicht dienen und so zur Ausgleichung der zwischen unsern Arbeiten stattfindenden Differenzen beitragen.

Ehe ich zur Auseinandersetzung dieser Beobachtungen übergehe, mag es am Orte sein, kurz diejenigen Punkte zu bezeichnen, in welchen meine früheren Untersuchungen mit denen des Hrn. v. Mirbel übereinstimmten, so wie diejenigen, bei welchen wir zu verschiedenen Resultaten gelangt waren.

In seiner Abhandlung über Marchantia erklärte Hr. v. Mirbel die Sporen von Marchantia und Targionia für einfache Zellen und giebt an, dass sie zu drei bis vier innerhalb anderer Zellen entstehen. Die Art, wie dieses geschieht, wird nicht näher beschrieben, dagegen wird eine ins genaueste Detail gehende Darstellung des analogen Vorganges der Entstehung der Pollenkörner, besonders derer des Kürbis gegeben. Dieser Vorgang besteht nach der Beschreibung des Hrn. v. Mirbel im wesentlichen darin, dass die Membran der Zellen, in welcher sich die Pollenkörner bilden, und welche dicht mit einer körnig-schleimigen Substanz erfüllt sind, saftig wird und zu einer ziemlichen Dicke anschwillt, dass nun auf ihrer innern Seite vier Scheidewände entstehen, welche gegen das Centrum der Zelle zusammenwachsen, den Inhalt derselben in vier Portionen theilen und in der Mitte der Zelle sich verbinden, so dass die Höhlung der Zelle in vier völlig gesonderte Kammern abge-

theilt wird. Nun bildet sich in jeder dieser Kammern um ihren körnigen Inhalt eine Membran, welche (beim Kürbis) zuerst glatt und ungefärbt ist, später gelb wird und sich mit Wärzchen bedeckt. Die Untersuchung der reifen Körner beweist, dass sich innerhalb dieser Membran noch eine innere dünne Haut gebildet hat, welche an einzelnen Stellen an der äusseren Haut angewachsen ist. Die Zellen, in welchen die Pollenkörner sich gebildet haben, vertrocknen und zerreissen, wodurch die Pollenkörner frei werden.

In einer späteren Abhandlung (Examen critique d'un passage du Mémoire de M. Hugo Mohl etc. Annal. d. sc. natur. 2de série T. IV.) erklärt sich Hr. v. Mirbel über die Art, wie die äussere und innere Pollenhaut sich bilden, näher und giebt an, dass sie aus dem in den Mutterzellen der Pollenkörner enthaltenen Cambium entstehen d. h. aus der schleimigen Masse, welche vor der Bildung der Pollenhaut die Pollenkörnchen einhülle, den Raum zwischen diesen und der Wandung der Mutterzelle ausfülle, zuerst sich in die äussere und später in die innere Pollenhaut umwandle.

In Beziehung auf die von mir hervorgehobene Analogie zwischen der Bildungsweise der Sporen und der Pollenkörner giebt Hr. v. Mirbel an, dass in soferne ein constanter Unterschied in der Entwicklungsweise dieser beiden Bildungen statt finde, als bei den Sporen die Mutterzelle, nachdem sich in ihr die vier Sporen gebildet, selbst in vier Zellen zerfalle, welche beim weiteren Wachsthume der Sporen vertrocknen und zerreissen, während die vier Abtheilungen, in welche die Mutterzellen der Pollenkörner durch die Scheidewände getheilt werden, sich nicht von einander trennen.

Die Untersuchungen, welche ich über die Entwicklung der Sporen bekannt machte (Flora 1833. Nro. VI der vorliegenden Sammlung), stimmen darin mit denen des Hrn. v. Mirbel überein, dass sich bei den höheren Cryptogamen bis zu den Flechten abwärts (mit Ausnahme der Equisetaceen) je vier Sporen in einer Mutterzelle entwickeln, dass in der Mutterzelle vor der Entwicklung der Sporen ein körnig-flüssiger Inhalt ist, dass sich dieser später in vier Parthien trennt, welche nun von einer eigenen Haut umkleidet werden; sie weichen jedoch in Beziehung auf die Art und Weise, wie sich die Sporenhäute bilden, von den Angaben des pariser Phytotomen ab. Ich glaubte nämlich durch Untersuchung hauptsächlich von *Riccia glauca* und *Anthoceros laevis* zu der Annahme berechtigt zu sein, dass sich die körnige Masse, welche die Mutterzelle erfüllt, von selbst in vier Parthien trenne und nicht durch Scheidewände, welche von der Wandung der Mutterzelle gegen ihr Centrum zusammen wachsen, gleichsam zerschnitten werde, dass sich nun jede dieser Parthien zuerst mit einer dünnen, gleichförmigen Haut umkleide, um welche sich später eine zweite, äussere Haut bilde, welche letztere in vielen Fällen zellig sei, dass diese vier Sporen noch von der ganzen geschlossenen Mutterzelle umhüllt seien und dass die letztere resorbirt werde, ohne sich vorher zu theilen. Die Punkte, über welche Hrn. v. Mirbel's und meine Ansichten differirten, beziehen sich also auf die Art, wie der körnig-flüssige Inhalt der Mutterzellen in vier Parthien zerfällt, auf die Entstehungsweise der Sporenhäute und auf die Anwesenheit oder Abwesenheit einer Theilung der Mutterzelle.

Die Untersuchungen, welche ich über die Entwicklung der Sporen von *Anthoceros laevis* anstellte, geben nun zwar nicht über alle diese Punkte einen entscheidenden Aufschluss, doch liefern sie wohl einige Beiträge zur genauern Kenntniss dieses Vorganges.

Die Sporangien von Anthoceros zeigen die Eigenthümlichkeit, dass die Entwicklung ihrer Sporen nicht der ganzen Länge der Frucht nach gleichzeitig erfolgt, sondern dass die der Spitze des Sporangiums näher gelegenen Sporen den im untern Theile der Frucht befindlichen weit vorauseilen. Dieses bietet den Vortheil dar, dass man in demselben Sporangium die verschiedenen Stadien, welche der Entwicklungsgang durchläuft, beinahe sämmtlich nebeneinander findet.

Wie bei den übrigen Lebermoosen entwickeln sich bei Anthoceros die Sporen zu je vier in den Mutterzellen, und liegen in denselben beinahe ohne Ausnahme in derjenigen relativen Lage, welche ich mit dem Ausdrucke der tetraëdrischen Vereinigung bezeichnet habe.

Die jüngsten Mutterzellen, welche ich auffand, stellten wasserhelle, meist eiförmige, zum Theil kugliche Zellen dar, in welchen man an dem einen Ende oder nahe an einem Ende eine sehr feinkörnige, schleimige, gelbgrün gefärbte Scheibe sieht, welche keine regelmässige und bestimmte Form besitzt und an der Wandung der Zelle anliegt. Diese körnige Scheibe ist nicht scharf begrenzt, sondern ist am Rande farblos, sehr durchsichtig und verliert sich ohne feste Grenze in den übrigen vollkommen durchsichtigen Theil der Zelle. In dieser Scheibe, oder vielmehr unter derselben, ist bei schärferer Betrachtung ein Nucleus erkennbar, welcher ein ungefärbtes, schleimiges Kügelchen mit einem runden Kerne darstellt (Tab. IV. fig. 1). Bei Anwendung von Jod färbt sich sowohl die körnige Scheibe als der Nucleus braungelb und zugleich erstreckt sich eine gelbliche Färbung auch auf den übrigen Theil der Zelle, welcher vorher vollkommen wasserklar war, wobei man sieht, dass die körnige Scheibe an ihren Rändern sich in eine schleimige Substanz verliert, welche die ganze Mutterzelle auf ihrer innern Seite überzieht, durch den Einfluss des Jodes zu gerinnen scheint und so eine Art von Haut darstellt, welche sich zuweilen streckenweise von der Mutterzelle ablöst, deren Membran vollkommen ungefärbt bleibt.

Die Veränderungen, welche man im Laufe der weitern Entwicklung beobachtet, betreffen vorerst vorzugsweise die schleimige Scheibe. Diese dehnt sich nämlich allmählig an ihren Rändern aus, so dass sie bald die eine Hälfte oder auch mehr als die Hälfte des Korns überzieht (fig. 2 — 6), oder auch nur die Form eines Querbandes annimmt (fig. 7). Mit dieser Vergrösserung erleidet ihre Textur eine merkwürdige Umänderung. Es vermehrt sich nämlich die grüne körnige Masse, deren Körnchen deutlicher hervortreten, und zugleich fängt dieselbe an, sich mehr oder weniger deutlich in zwei nebeneinander liegende Abtheilungen zu trennen, welche aber zu dieser Zeit selten vollkommen gesondert sind, sondern meistens mit ihren Rändern einander berühren oder auch durch eine Brücke zusammenhängen (fig. 2. 3. 5. 6). An den Rändern ist auch noch jetzt diese grüne Masse nicht scharf begrenzt, sondern sie geht wie früher in eine farblose, schleimige, sehr feinkörnige Masse, deren nähere Verhältnisse wegen ihrer grossen Durchsichtigkeit schwer zu ermitteln sind, über. Diese Substanz erscheint nicht unter der Form einer gleichförmigen, zusammenhängenden Haut, sondern bildet grössere oder kleinere kreisförmige oder auch eckige Maschen (fig. 2—9). Man kann sich beim Anblick dieser Bildung kaum des Gedankens erwehren, dass man eine zellige Membran vor sich habe, deren Wandungen aus einer weichen, schleimig-körnigen Masse bestehen, und deren Höhlungen einfache Lücken, wie die Blasen eines Schaumes, in dieser Masse seien. Da man aber beim Drehen der Mutterzelle die ganze

schleimige Masse nur einen dünnen Ueberzug an ihrer Wandung bilden sieht, und da, wenn es wirkliche Zellen wären, nicht bloss der Umkreis dieser Ringe und Polygone, sondern auch die Flächen derselben aus derselben körnigen Substanz bestehen müssten, dieselben aber vollkommen wasserhell erscheinen, so ist es vielleicht wahrscheinlicher, dass diese schleimige Substanz nur einen Ueberzug über die innere Wandung der Mutterzelle bildet, welcher an einzelnen Stellen sehr dünn oder ganz unterbrochen, an andern dicker ist und dadurch das netzförmige, zellenähnliche Aussehen veranlasst. Auch mit Hülfe von Jod, welches diesen Schleim gelb färbt, ist keine Zellenbildung in demselben mit Bestimmtheit nachzuweisen.

Der Nucleus nimmt an dieser Bildung keinen Antheil. Häufig ist er unter der grünen, körnigen Masse so verborgen, dass man ihn nicht, oder nur mit Mühe sieht, in andern Fällen aber (fig. 3) liegt er neben oder zwischen beiden Abtheilungen der grünen Masse und kommt alsdann leichter zu Gesicht, zugleich ist aber alsdann auch zu beobachten, dass er unverändert geblieben und der ganzen im Bisherigen beschriebenen schleimigen Bildung fremd ist. Die letztere scheint nur insoferne eine Beziehung zu ihm zu haben, als sie immer an der Stelle, wo der Nucleus liegt, und zwar zwischen ihm und der Wandung der Mutterzelle, ihren Concentrationspunkt besitzt.

Bei weiter fortschreitender Entwicklung vermehrt sich nicht nur die Menge der grünlichen körnigen Masse, sondern die schon früher begonnene Trennung derselben in zwei nebeneinander liegende, jedoch anfangs noch verbundene Massen (fig. 9—12) wird später vollständig (fig. 13). Zu gleicher Zeit vermehrt sich auch die ungefärbte, schleimige, feinkörnige Masse, in welcher die grüne Substanz eingebettet ist. Anfänglich lag sowohl diese farblose, als auch die grüne körnige Substanz an der Wandung der Mutterzelle an, nun fangen sie aber an, mehr und mehr ins Innere der Zelle hineinzutreten, wobei die grüne, mit grösseren Körnern gemischte Substanz sich zu einer und später zu zwei kuglichen Massen zusammenballt, welche von einer Atmosphäre von ungefärbter Substanz umgeben sind. Diese Atmosphäre läuft nach aussen in die beschriebenen, zellenähnlichen Maschen (fig. 8. 9. 12) aus, welche sich allmählig im ganzen Raume der Mutterzelle ausbreiten, und zu einer gewissen Zeit so sehr die Form von rundlichen (fig. 8. 9) oder durch gegenseitigen Druck eckig gewordenen (fig 12) Blasen annehmen, dass wenigstens für diese Zeit die Umwandlung eines Theiles der schleimigen Substanz in ein zelliges Gebilde nicht zu bezweifeln sein möchte. Dieses zellenähnliche Aussehen der ungefärbten Substanz ist jedoch von kurzer Dauer; je mehr sich nämlich die grünen körnigen Blasen mit dem Nucleus in das Innere der Mutterzelle zurückziehen, desto mehr häuft sich in ihrer Umgebung ein Theil der ungefärbten Substanz in Gestalt einer formlosen Masse an, und es verwandeln sich die kreisförmigen Maschen allmählig in fadenförmige Stränge, welche von dieser centralen Masse nach allen Seiten hin strahlenförmig zu der Wandung der Mutterzelle hinlaufen und so dem nun im Zellensaft schwimmenden Centralgebilde eine feste Lage verschaffen (fig. 10. 11. 13. 14. 15).

Um diese Zeit vergrössern sich die Körner in der grünen Substanz bedeutend und die Anwendung von Jod zeigt, dass die grösseren Körner Amylum-Körner sind. Die schleimige Atmosphäre, so wie die Fäden, welche von ihr zur Mutterzelle verlaufen, färben sich mit Jod, wie früher, gelbbraun. Nun geschieht es nicht selten, dass bei längerem Aufenthalte der Mutterzellen im Wasser, oder auch sonst, die Körner dieser grü-

nen Massen sich in einen kleineren Raum zusammenziehen (fig. 16), oder dass ihrer überhaupt weniger sind (fig. 17); in diesen Fällen sieht man sehr deutlich, dass sich die schleimige Atmosphäre in der Umgebung dieser Körnermassen condensirt hat, eine fest begrenzte Höhle einschliesst und auf diese Weise gleichsam kugliche, mit grünen Körnern gefüllte Zellen bildet, deren Wandungen jedoch nach aussen nicht scharf begrenzt sind, sondern unmittelbar in den feinkörnigen Schleim übergehen.

Nun beginnt jede dieser kuglichen Körnermassen, welche ich mit dem Ausdrucke der Körnerzellen bezeichnen will, in zwei gesonderte Theile zu zerfallen, so dass es also derselben im Ganzen vier sind. Anfänglich liegen diese vier Zellen nebeneinander (fig. 18. 19. 20), bald aber entfernen sie sich von einander, nähern sich der Wandung der Mutterzelle und nehmen die relative Lage an, welche die vier Ecken eines regelmässigen, gleichseitigen Tetraëders besitzen (fig. 21. 22.). Die schleimige Masse, in welcher die Körnerzellen vor ihrer Theilung eingebettet lagen, theilt sich ebenfalls, so dass jede derselben von einer besonderen dünnen schleimigen Atmosphäre umgeben ist. Die Hauptmasse des farblosen Schleimes verwandelt sich dagegen in faserige Stränge, welche von einer Körnerzelle zur andern verlaufen. Im Centrum der Mutterzelle und der von den faserigen Strängen gebildeten Masse, vollkommen getrennt von den vier Körnerzellen liegt der Nucleus (fig. 21. 22.), welcher um diese Zeit immer an Grösse abzunehmen scheint.

Während der Inhalt der Mutterzellen diese Veränderungen erleidet, verändert sich auch die Wandung derselben, insoferne diese ursprünglich aus einer dünnen, jedoch zähen Membran bestand und von der Zeit, in welcher sich die grüne Körnermasse in zwei Abtheilungen trennt, allmählig immer dicker wird (fig. 15. 17. 18. 19. 21. 22.). Wenn die Körnerzellen an die Wandung der Mutterzellen hinausgetreten sind, ist es sehr häufig, dass die letztere keine gleichförmige Dicke zeigt, sondern an einzelnen Stellen stärker anschwillt, als an andern (fig. 21.). Auch ist in dieser Zeit die Mutterzelle nicht blos grösser geworden, sondern hat ihre Form auch aus der eiförmigen, welche sie im jüngern Zustande häufig besitzt, beinahe immer in die vollkommen kugelförmige umgewandelt; doch kommen in dieser Beziehung manche Ausnahmen vor.

Das angegebene Dickerwerden der Wandungen scheint theilweise auf einem wirklichen Wachsthume derselben zu beruhen und ist ein normaler Vorgang, indem man um diese Zeit beständig diese Veränderung eintreten sieht. Nicht selten ist aber die Verdickung der Wandung nur scheinbar und tritt unter den Augen des Beobachters ein, wenn die Zellen längere Zeit hindurch im Wasser liegen. Die Zellwandung ist nämlich in dieser Periode sehr hygroscopisch und besteht aus einer gallertartigen, jedoch zähen und nicht leicht zerreissbaren Substanz, welche durch Jod nicht gebräunt wird. Nun geschieht es nicht selten, dass bei längerer Einwirkung des Wassers diese Zellwandungen nach innen gegen die Höhlung der Zelle hin bedeutend aufquellen, und zwar oft so stark, dass die Höhlung der Zelle beinahe verschwindet und der ganze feste Inhalt derselben im Centrum in eine formlose Masse zusammengepresst wird.

Bald, nachdem dieser Zustand der Mutterzellen eingetreten ist, erfolgt eine Theilung ihrer Höhle. Man sieht nemlich auf der innern Seite der Zellwandung zwischen je zwei Körnermassen eine zarte Linie sich bilden, welche Linien je zu drei unter stumpfen Winkeln zusammenstossen (fig. 23.). Solcher Linien sind es, wie aus der oben angegebenen Anzahl und relativen Lage der Körnerzellen erhellt, im Ganzen sechs, und

sie vereinigen sich untereinander in vier Punkten, so dass durch dieselben die Oberfläche der Zelle in vier dreieckige Felder getheilt wird. Diese Linien sind die ersten Andeutungen der später an ihrer Stelle erscheinenden Scheidewände. Die Art, wie diese sich ausbilden, ist ungemein schwer zu beobachten und ich gestehe, dass ich ungeachtet sehr zahlreicher Versuche, mir hierüber Gewissheit zu verschaffen, immer noch im Zweifel geblieben bin. Die genannten zarten Linien scheinen schmale, auf der innern Seite der Zellwandung hervorsprossende Leisten (Anfänge von Scheidewänden) zu sein, welche später gegen die Mitte der Zelle zusammenwachsen und sich daselbst vereinigen. Hierfür spricht wenigstens, dass zu der Zeit, in welcher diese Linien zuerst auftreten (fig. 23), die schleimigfaserigen Stränge, welche von einer Körnerzelle zur andern verlaufen, noch in ihrer völligen Integrität bestehen, weshalb also im Innern noch keine Scheidewände vorhanden sein können, ferner der Umstand (welchen ich freilich nur einmal beobachtete, wobei ich aber mich nicht getäuscht zu haben überzeugt bin), dass bei längerer Einwirkung von Wasser auf die Mutterzellen diese Linien wieder verschwinden können, was darauf hinzuweisen scheint, dass sie erst durch einen ganz schwachen Vorsprung der Substanz der Mutterzellen nach innen gebildet waren, welcher Vorsprung bei der hygroscopischen Anschwellung, welcher die Haut der Mutterzelle ausgesetzt ist, wieder ausgeglichen worden zu sein scheint.

Dieser Zustand, dass flache Linien auf der Wandung der Mutterzelle verlaufen und die Höhlung derselben noch einfach ist, scheint sehr schnell vorüber zu gehen, indem man in den meisten Fällen, in welchen die Eintheilung der Zellwandung in Felder durch solche Linien sichtbar ist, auch schon die Scheidewände vollständig ausgebildet findet. Diese haben, wie sich aus ihrer relativen Lage von selbst versteht, eine dreieckige Form, zwei gerade und nach aussen zu eine convexe Seite, dieselben sind sehr dünn und bestehen aus derselben halbgelatinosen, durch Jod nicht färbbaren Substanz, wie die Mutterzelle selbst.

Von dem Nucleus der Mutterzelle, welcher schon vor der Theilung nur schwer aufzufinden war, findet sich nach geschehener Theilung keine Spur mehr, er scheint daher um diese Zeit vollständig resorbirt zu werden.

Jede der vier durch die Scheidewände gebildeten Abtheilungen der Mutterzelle enthält eine der vier Körnerzellen (fig. 24—26.). Das Aussehen dieser letztern ist anfänglich nicht verändert, indem sie noch viele und grosse Amylumkörner enthalten (fig. 24. 25.) und durch Chlorophyll schwach grün gefärbt sind; bald nimmt aber in den meisten Fällen die Menge der Amylumkörner ab (fig. 26.), wobei man alsdann deutlich die nun vollständig ausgebildete, auch nach aussen begrenzte Wandung dieser Zellen erkennen kann. Befestigt sind sie auf dieselbe Weise, wie früher in der ungetheilten Mutterzelle, durch schleimige Fäden (fig. 26).

Kurze Zeit nach der Theilung der Mutterzelle beginnt die Bildung der Sporenhaut. Schon ehe diese Theilung eingetreten ist, bemerkt man bei Anwendung von Jod, dass von der schleimig-faserigen Substanz, welche die Körnerzellen an die Wandung der Mutterzellen anheftet, eine dünne schleimige Masse ausgeht, welche sich über die innere Fläche der Mutterzelle hinzieht und diese als eine dünne Schichte überkleidet. Diese Schleimschichte wird durch Jod gebräunt, sie ist aber so dünn, zeigt einen so schwachen Zusammen-

hang, dass sie offenbar nicht als eigene Membran, sondern nur als ein dünner schleimiger Ueberzug betrachtet werden kann. Nach geschehener Theilung der Mutterzelle zeigt sich in jeder Abtheilung derselben eine ähnliche Schleimlage, diese verdickt sich nun schnell, grenzt sich, wenn sie durch Jod braungelb gefärbt wird, durch eine scharfe Trennungslinie von der farblos bleibenden Mutterzelle ab, erhält einen festern Zusammenhang und stellt eine förmliche Membran dar, welche später auch ohne Anwendung von Jod sichtbar ist und von nun an als Sporenhaut erscheint (Fig. 24—26).

Die Form der Sporen ist die bei den höhern Cryptogamen gewöhnliche, d. h. sie besitzen gegen das Centrum der Zelle eine dreiseitige pyramidale Zuspitzung, nach aussen eine convexe Fläche. Da aber, wie oben bemerkt, gegen die Zeit der Theilung hin die innere Fläche der Mutterzelle häufig sehr unregelmässige Vertiefungen zeigt (fig. 21), so ist es auch gewöhnlich, dass die jungen Sporen auf ihrer äussern, gekrümmten Fläche wellenförmige Erhabenheit und Vertiefungen zeigen, welche sich erst im weitern Verlaufe der Entwicklung ausgleichen.

Sobald sich die Sporenhaut entwickelt hat, lassen sich durch Druck (fig. 27) die Sporen von einander entfernen, bei stärkerem Drucke reisst die Mutterzelle ein und die Sporen treten durch die Oeffnung aus. Dabei lässt sich in günstigen Fällen (denn oft sucht man vergeblich darnach) sehen, dass zwischen den Sporen die Mutterzelle zarte Scheidewände besitzt.

Die Sporenhaut ist anfänglich ungefärbt und glatt, später wird sie auf der convexen, an die äussere Wandung der Mutterzelle anstossenden Seite feinkörnig (fig. 28) und zugleich gelblich, noch später werden auch die Flächen der pyramidalen Zuspitzung körnig (fig. 29) und die Kanten verdickt.

Dass die Sporenhaut doppelt ist, lässt sich bei Anthoceros durch Quetschung der Sporen zwischen zwei Glasplatten nicht nachweisen, es ist jedoch wegen der Analogie dieser Sporen mit denen der höheren Cryptogamen und der Laubmoose die Anwesenheit einer inneren Haut sehr wahrscheinlich.

Die weiteren Veränderungen bis zur Reife der Sporen betreffen theils die Mutterzelle, theils die Sporen selbst.

Die Mutterzelle verliert, sobald sich die Sporenhaut deutlich ausgebildet hat, ihre frühere Hygroscopicität; sie wird in demselben Verhältnisse, als sich die Sporen vergrössern und dickere Wandungen erhalten, dünner und wird zuletzt, wenn sich dieselben der Zeit der Reife nähern, vollständig resorbirt.

In den Sporen selbst vermindert sich die Menge der Amylumkörner, endlich verschwinden sie vollkommen und es liegt die kleine Zelle, in welcher sie enthalten waren, und welche nun eine gelbliche Färbung angenommen hat, entleert und in ein wenig Schleim gehüllt, an der Sporenwandung an (fig. 28). Diese Veränderungen der Körnerzelle erfolgen bald früher, bald später, sind bald schon eingetreten, so lange die Sporenhaut noch hellgelb und sehr durchsichtig ist, bald ist noch eine bedeutende Körneranhäufung vorhanden, wenn die Sporenhaut schon braungelb und wenig durchsichtig ist. Zuletzt scheint sich auch immer die kleine Zelle selbst aufzulösen, denn in den reifen Sporen trifft man nur eine krümlige, schleimige, mit Oeltropfen vermischte Flüssigkeit.

Es sei mir nun erlaubt, dieser Darstellung des Ergebnisses meiner Untersuchungen über Anthoceros einige Bemerkungen beizufügen.

In Beziehung auf die Mutterzellen lieferten diese Beobachtungen eine vollständige Bestätigung der Angabe des Hrn. v. Mirbel, dass sich dieselben theilen; meine frühere Angabe, dass bei den höheren Cryptogamen die vier Sporen sich nebeneinander in der einfachen Höhlung der Mutterzelle entwickeln, stellt sich daher als entschieden unrichtig heraus. Dagegen glaube ich, dass die von mir über den Inhalt der Mutterzellen angestellten Beobachtungen die von Herrn v. Mirbel aufgestellten Ansichten wieder einigermassen reformiren müssen. Nach der Darstellung dieses Gelehrten scheint nämlich die Bildung der Sporen hauptsächlich von der Mutterzelle abzuhängen; der Inhalt von dieser wird nämlich als eine gleichförmige, schleimig-körnige Flüssigkeit beschrieben, welche durch die vorspringenden Scheidewände auf eine mechanische Weise in vier Parthien getrennt werde. So bildet also diese Ansicht den directen Gegensatz gegen die von mir geäusserte Ansicht, nach welcher die Entwicklung von vier Sporen in einer Mutterzelle blos auf der organischen Veränderung ihres Inhaltes beruhen sollte, ohne dass die Zellwandung einen Einfluss hierauf äussere.

Die Beobachtungen über Anthoceros scheinen zu beweisen, dass die Wahrheit in der Mitte liege. Die obige Darstellung weist nämlich darauf hin, dass der innere Raum der Mutterzelle schon lange vor ihrer Theilung der Schauplatz einer, in mannigfach sich verändernden Bildungen sich aussprechenden organischen Thätigkeit ist. Wir finden in dieser Zelle ausser dem Nucleus, welcher mit der weitern Bildung der Sporen nichts zu thun hat, ein schleimig-körniges Gebilde, welches vielfache Formen durchlaufend zu der Erzeugung von vier mit Amylumkörnern gefüllten Zellen Veranlassung giebt und so, ehe eine Spur einer Theilung der Mutterzelle vorhanden ist, schon die Vierzahl der Sporen, ihre relative Lage und eben dadurch ihre Form bedingt. Nun ist es im höchsten Grade auffallend, wie von der Lage, welche die Körnerzellen in der Mutterzelle annehmen, die Stellung und die Anzahl der aus der Wandung der Mutterzelle hervorsprossenden Scheidewände abhängt. Wie es oben von Anthoceros angegeben wurde (so wie ich dieses auch früher bei einer grösseren Anzahl von Cryptogamen in Beziehung auf ihre Sporen nachwies), so ist die häufigste Anlagerung der vier Körnerzellen die tetraëdrische, und in diesem Falle wird man immer sechs Scheidewände sich ausbilden sehen; nun kommt es aber als Ausnahme auch bei Anthoceros vor (wie dieses bei manchen andern Cryptogamen die Regel ist), dass die vier Sporen in einer Ebene nebeneinander liegen, in welchem Falle sich nur vier Scheidewände ausbilden. Diese Uebereinstimmung der Anzahl der Scheidewände in der Mutterzelle mit der relativen Lage der Sporen hätte nichts auffallendes, wenn die Sporen blos das Resultat einer mechanischen Theilung des Inhaltes der Mutterzelle durch die Scheidewände wären, oder wenn umgekehrt in dem freien Raume der Mutterzelle sich zuerst die Sporenhäute ausbilden und nun zwischen diesen sich Häute bilden würden, welche sich an die Wandung der Mutterzellen anschliessen und so die Scheidewände derselben bilden würden. Räthselhaft wird aber die Sache, da die Scheidewände aus der Wandung der Mutterzelle hervorsprossen und sich in ihrer Entstehung nach der Lage der Körnerzellen richten, welche

in keinem organischen Zusammenhange mit der Mutterzelle stehen. Ob nun hier irgend ein mechanisches Moment, welches mir bei der Untersuchung entging, in Rechnung kommt, oder ob diese Abhängigkeit der Lage der Scheidewände von der Lage der Körnerzellen auf einem dynamischen Einflusse beruht, muss ich unentschieden lassen, jedenfalls aber möchte ich aus dem angegebenen Verhältnisse den Schluss ableiten, dass nicht die Entstehung der vier oder sechs Scheidewände Veranlassung zur Bildung von vier Sporen giebt und die ganze Bildung der Sporen von der Membran der Mutterzelle ausgeht, sondern dass im Gegentheile die Scheidewände erst eine Folge der Entwicklung des Inhaltes der Mutterzelle sind.

Wenn ich früher angegeben hatte, dass sich zuerst die innere und erst später die äussere Sporenhaut bilde und dass die letztere in vielen Fällen zellig sei, so erkenne ich dieses jetzt als einen Irrthum an, zu welchem mich der Umstand, dass die Sporenhaut anfänglich gleichförmig, ungefärbt und glatt, kurz der innern Sporenhaut in ihrem Aussehen ähnlich, ist und erst später ihre Beschaffenheit verändert, welchen Vorgang ich übersehen hatte, verleitet hat. Die Sporenhaut ist anfänglich, wie es scheint, ein geronnener, fest gewordener Schleim, nach aussen zu glatt, später bilden sich auf ihrer äussern Fläche Wärzchen (wie bei Anthoceros) oder auch ein Netz von vorspringenden, plattenförmigen Erhabenheiten, ohne dass man, wie ich dieses früher that, berechtigt ist, dieses für die Bildung einer eigenen und besonders einer zelligen Haut zu betrachten. Die Sporenhaut liegt so genau an der Mutterzelle an, dass allen ihren Vorsprüngen in der weichen Substanz der Mutterzelle Vertiefungen entsprechen; ist die Sporenhaut mit Körnern oder Stacheln besetzt, so entsprechen diesen einfache Gruben in der Membran der Mutterzelle, ist die erstere mit einem Fasernetze bedeckt, so entsprechen den Vertiefungen desselben 5 — 6 seitige zapfenförmige Verlängerungen der Mutterzelle, welche in die bienenzellenähnlichen Vertiefungen der Sporenhaut hineinragen und der Haut der Mutterzelle, wenn sie isolirt wird, ein ähnliches Aussehen geben, wie eine gepflasterte Strasse besitzt. Dieses ist besonders deutlich bei Riccia glauca zu beobachten.

Dass die Sporenhaut das Produkt der Mutterzelle, gleichsam eine erhärtete Absonderung derselben ist, scheint nach dem oben angegebenen nicht wahrscheinlich, sondern sie scheint durch Condensation der schleimig-körnigen Substanz, welche oben beschrieben wurde, zu entstehen und die Mutterzelle scheint nur die Form der Sporenhaut zu bestimmen. Dieses scheint mir nicht blos durch die oben beschriebene Entwicklungsgeschichte der Sporen von Anthoceros bewiesen zu werden, sondern ich möchte hierfür auch die Analogie der Sporen niederer Cryptogamen z. B. mancher Conferven wie Zygnema anführen, wo die Sporenhaut sich um eine Körneranhäufung bildet, welche weit kleiner ist, als der Raum der Zelle, wo also die Sporenhaut gar nicht an der Wandung der Zelle anliegt.

Was endlich das Zerfallen der Mutterzelle in vier gesonderte Zellen, deren jede eine Spore einschliesst, betrifft, welcher Vorgang nach Hrn. v. Mirbel's Angabe das unterscheidende Merkmahl zwischen den Mutterzellen der Sporen und denen der Pollenkörner bildet, so glaube ich, dass dieser Vorgang nicht bei allen Mutterzellen von Sporen vorkommt, sondern dass er bei nahe verwandten Pflanzen sich bald findet, bald fehlt. Bei Anthoceros laevis konnte ich ihn nicht finden, bei Anthoceros punctatus (über welche Pflanze ich

jedoch weniger zahlreiche Beobachtungen anstellte) glaube ich ihn beobachtet zu haben, ebenso findet er wohl entschieden bei Jungermannia epiphylla statt, bei Riccia glauca beobachtete ich ihn wieder nicht; so dass es mir scheint, als ob kein grosser Werth darauf zu legen sei, ob die vier Abtheilungen der Mutterzelle verbunden bleiben, oder nicht, und dass man jedenfalls diesen Vorgang nicht als unterscheidendes Merkmahl der Mutterzellen der Sporen und der Pollenkörner betrachten dürfe.

In Beziehung auf die Abbildungen habe ich zu bemerken, dass dieselben nach einer 380maligen Vergrösserung gezeichnet sind.

VIII.

Morphologische Betrachtungen

über

das Sporangium der mit Gefässen versehenen Cryptogamen.

(Dissertation vom Jahr 1837.)

Die meisten Schriftsteller, welche sich bisher mit Untersuchungen über die Morphologie der Gewächse beschäftigten, beschränkten sich auf die Betrachtung der Phanerogamen und nur Wenige machten einen Versuch, den Bau der Fortpflanzungsorgane der mit Blättern versehenen Cryptogamen nach denselben Grundsätzen, welche sich bei den Phanerogamen erprobt hatten, aus einer Metamorphose des Blattes abzuleiten.

Dass bei den Phanerogamen sowohl die Staubgefässe als die Carpelle blos aus der Metamorphose von Blättern hervorgegangen sind, wird von der überwiegenden Mehrzahl der Botaniker als eine unumstösslich erwiesene Wahrheit betrachtet und nur wenige sind der Ansicht, dass auch die Achse, wenigstens in einzelnen Fällen, einen Beitrag zur Bildung der Früchte liefere, und noch wenigere schreiben derselben einen Antheil an der Bildung der Staubfäden zu. Nachdem einmal dieses Grundgesetz, dass die Fructificationstheile der Phanerogamen aus metamorphosirten Blättern bestehen, entdeckt war und sich durch eine grosse Menge der speciellsten Untersuchungen durch die ganze Reihe sowohl der Dicotyledonen als Monocotyledonen als allgemein gültig erprobt hatte, so lag die Vermuthung nahe, es möchte wohl auch der Bildung des Sporangiums, wenigstens bei den höheren, mit Blättern versehenen Familien der Cryptogamen, eine ähnliche Metamorphose des Blattes, wie der Bildung des Carpelles der Phanerogamen zu Grunde liegen; es ist desshalb auch das Unternehmen einiger Botaniker, diese Metamorphose im Speciellen nachzuweisen, weniger auffallend, als der Umstand, dass erst in den neueren Zeiten, nachdem doch schon seit beinahe fünfzig Jahren durch Goethe die Lehre von der Metamorphose der Pflanzen sicher begründet war, der Versuch zu einer solchen Nachweisung gemacht wurde.

Der Grund, warum bisher in dieser Beziehung noch so wenig geleistet wurde, mag ein doppelter sein; einmal liegt er in den eigenthümlichen Schwierigkeiten des Gegenstandes selbst, indem man bei der Erforschung der Bildungsweise des Sporangiums sich von dem grossen Hülfsmittel der unregelmässigen Metamorphose so gut als gänzlich verlassen sieht. Während bei den Phanerogamen Hunderte von vor- und rückschreitenden Metamorphosen der Fructificationstheile, von Uebergangsbildungen aller Blüthentheile in einander und in Vegetationsblätter dem aufmerksamen Beobachter den Weg andeuten, auf welchem die regelmässige

Metamorphose erfolgt, so sind bei den Cryptogamen die Sporangien mit einer wunderbaren Regelmässigkeit und Gleichförmigkeit gebildet; es sind nur wenige Fälle bekannt, dass bei Farnen an der Stelle der Capselhäufchen sich Büschel von kleinen Blättern gebildet haben, aber noch nie scheint eine unregelmässige Entwicklung des Sporangiums eines Mooses, Lebermooses, eines Wurzelfarnen, einer Lycopodinee, ein Uebergang desselben in Vegetationsblätter beobachtet worden zu sein.

Ein zweiter Grund von der späten Entwicklung dieser Lehre lag in der geringen Kenntniss, welche man bis auf die neueren Zeiten vom normalen Baue des Sporangiums und besonders vom Baue und der Entwicklung der Sporen hatte. Diese Kenntniss musste nothwendigerweise dem Versuche, die Sporangien morphologisch zu deuten, vorausgehen, sonst gerieth man verleitet durch falsche Analogien mit dem Eie und dem Carpell der Phanerogamen auf Abwege. Nachdem nun durch die Untersuchungen der letzten Jahre unsere Kenntnisse in dieser Beziehung etwas erweitert sind, so mag es erlaubt sein, Analogien zwischen dem Sporangium und einzelnen Theilen der Phanerogamenblüthe aufzusuchen, um auf diese Weise das in Rede stehende morphologische Räthsel zu lösen; dabei müssen wir uns freilich gestehen, dass dieses Verfahren nur mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit, aber keine Gewissheit gewähren kann, indem die letztere nur das Resultat von Beobachtung unregelmässiger Metamorphosen des Sporangiums selbst sein kann.

Ehe der Verfasser zur Darstellung seiner Ansichten übergeht, hält er es für nothwendig, vorerst aus der Lehre von der Metamorphose der phanerogamen Blüthe zwei Sätze vorauszuschicken, auf welche er sich bei Betrachtung des Sporangiums berufen, und welche er hier, um nicht zu weitläufig zu werden, als bewiesen voraussetzen muss, über welche er aber auch von der Mehrzahl der Botaniker keinen Widerspruch zu fürchten hat, nämlich 1) den Satz, dass die Anthere der Phanerogamen nicht durch Einrollung eines Blattes gebildet ist und dass die Pollenkörner nicht aus der Oberfläche des in die Anthere umgewandelten Blattes, wie aus einer Placenta, hervorsprossen, sondern dass sie in Mutterzellen, welche im Innern des metamorphosirten Blattes liegen und später wieder verschwinden, entstehen; 2) den Satz, dass das Carpell ebenfalls, wie die Anthere, nur aus der Metamorphose eines Blattes hervorgeht und dass das Achsensystem keinen Beitrag zu demselben liefert, sondern dass die Eier immer aus der obern Fläche und meistens aus dem Rande des Carpellarblattes hervorsprossen [1]).

Da die Sporangien der verschiedenen Familien in Hinsicht auf ihren Bau so sehr von einander abweichen, so lässt sich die Betrachtung ihrer morphologischen Verhältnisse nicht zusammenfassen, sondern wir müssen die einzelnen Familien abgesondert in dieser Hinsicht untersuchen.

1) Dieser Satz bedarf ohne Zweifel einer Einschränkung, allein ich bin ungeachtet der entgegenstehenden Ansicht von Fenzl, Schleiden, Endlicher weit entfernt, ihn für einen im allgemeinen für unrichtigen zu halten, im Gegentheile möchte ich ihn für die Mehrzahl der Phanerogamen in Schutz nehmen und halte die Ansicht, dass die Placenta bei allen Pflanzen ein Achsengebilde sei, für eine einseitige Uebertreibung und eine durchaus unzulässige Verallgemeinerung eines Verhältnisses, welches allerdings für einzelne Pflanzenfamilien, namentlich für die mit einer *placenta centralis libera* versehenen, wahrscheinlich, jedoch lange nicht mit so guten Gründen bewiesen ist, wie es die Production der Eier durch Carpellarblätter für andere Familien ist.

Equisetaceen.

Der ährenförmige Fruchtstand eines *Equisetum* erinnert auf den ersten Anblick zu auffallend an ein männliches Blüthenkätzchen der *Coniferen,* als dass es nicht schon längst versucht worden wäre, eine Parallele zwischen diesen beiden Gebilden zu ziehen. Dieses geschah jedoch nur in Beziehung auf die äussere Form dieser Sporangien; nothwendig zur vollständigen Durchführung dieser Analogie scheint mir aber vor allem auch die Nachweisung, dass der Inhalt von beiden Organen sich auf ähnliche Weise entwickelt. So lange man mit Hedwig an eine Analogie zwischen den spiralförmigen Elateren von *Equisetum* und den Antheren der Phanerogamen, ferner zwischen den Sporen dieser Pflanze und einem phanerogamischen Ovarium denkt, so lange muss man das gestielte Receptaculum, welches die Sporangien auf seiner untern Fläche trägt, als ein Achsengebilde und die Sporangien selbst, als ein Involucrum betrachten. Eine solche Erklärung wäre jedoch vollkommen falsch, denn es wurde schon früher von mir gezeigt [1]), dass jene sogenannten Elateren, weit entfernt, den Antheren ähnliche Gebilde oder auch nur hohle Organe zu sein, nichts als die Ueberreste der Mutterzelle sind, in welcher sich die Spore entwickelte, und welche gegen die Zeit der Reifung hin in zwei spiralförmig gewundene Bänder, welche die Spore umhüllen, zerfällt [2]). Wir können also theils wegen der Entstehung dieser Sporen in Mutterzellen, theils wegen ihrer Zusammensetzung aus einer doppelten Haut, die Spore dieser Pflanzen in Parallele setzen mit dem Pollenkorne einer phanerogamen Pflanze, welches noch in seiner Mutterzelle enthalten ist, und wir können das Sporangium, in welchem diese Körner liegen, mit der Theca einer Anthere vergleichen. Eine weitere Aehnlichkeit, auf welche ich aber keinen bedeutenden Werth lege, liegt in der Structur dieses Sporangiums, welches in der Organisation seiner Zellen sich der Antherenvalvel nähert, indem dieselben bekanntlich eine Spiralfaser enthalten und somit den Endotheciumzellen einer Anthere analog gebildet sind.

Diese Analogie wurde auch sowohl von Lindley als von Bischoff anerkannt. Nun fragt es sich aber, ob jedes der an einem Receptaculum befestigten Sporagien von Equisetum einer ganzen Anthere, oder ob jedes dieser Sporangien nur einer Antherentheca entspreche. Das letztere wurde von Lindley [3]) angenommen und jedes Sporangium mit der Theca einer Coniferenanthere verglichen; die erstere Ansicht wurde von

1) Einige Bemerkungen über die Entwicklung und den Bau der Sporen der cryptogam. Gewächse von Hugo Mohl. Flora 1833. I. p. 45. (Siehe oben pag. 72.)

2) Gegen diese Erklärung wurde zwar von Bischoff (Lehrbuch der Botanik. I. p. 455 Anm.) eingewendet, dass die Elateren wenigstens aus zwei übereinander liegenden Häuten entstehen müssten, weil sich dieselben kreuzten. Es ist aber ohne besondere Schwierigkeit zu beobachten, und es ist sogar aus der parallelen Lage der Windungen jener Elateren, wenn sie in der Feuchtigkeit sich um die Spore herumwinden, nothwendig abzuleiten, dass die beiden Elateren an der Stelle, an welcher sie der Spore anhängen, sich nicht kreuzen, sondern dass sie daselbst nebeneinander liegen. Eine vollständige Bestätigung erhielten meine Beobachtungen hierüber durch Henderson (Transact. of the Linn. societ. XVIII. pag. 567) und Schleiden (Grundzüge II. 92).

3) Introduct. to the natur. syst. of botany p. 311. »considering the analogy between the thecae of Equisetum and the lobes of the anther of Coniferae.«

Bischoff [1]) vorgetragen. Auch dieser Gelehrte erkennt die vollkommene Analogie mit der Coniferenanthere an, da er aber glaubt, die letztere lasse sich nur aus der Verwachsung mehrerer Staubgefässblätter ableiten, so nimmt er auch bei Equisetum an, dass jeder der eckigen Fruchtböden aus der Verwachsung eines Blätterkreises erklärt werden müsse und glaubt, es sei die Achse des Fruchtstandes der Schafthalme statt der wirteligen, zu gezähnten Scheiden verbundenen Stengelblätter mit in Wirteln stehenden Blätterbüscheln besetzt, deren jeder durch die Verschmelzung seiner Blätter zum gestielten Schildchen umgewandelt erscheine.

Diese Ansicht von einer Zusammensetzung der Coniferenanthere aus mehreren verwachsenen Blättern ist, obgleich sie von vielen Botanikern angenommen wird, in Beziehung auf die Mehrzahl der Coniferen gänzlich unstatthaft, wie dem Verfasser Beobachtungen von Missbildungen überzeugend dargethan haben, und sie kann nur bei einer sehr kleinen Anzahl von Coniferen, deren Antheren von der in dieser Familie gewöhnlichen Bildung sehr abweichen, wie bei *Ephedra,* vertheidigt werden; schon dieser Umstand macht die von Bischoff gegebene Erklärung des Sporangiums von Equisetum sehr zweifelhaft, vollkommen widerlegt wird aber dieselbe durch Beobachtungen, welche ich an fruchttragenden Schäften von *Equisetum Telmateja* zu machen Gelegenheit hatte, welche Uebergänge von den verticillirten und zu Scheiden verwachsenen Schaftblättern zu Quirlen des Fruchtstandes zeigten und welche keinen Zweifel darüber liessen, dass das mit Sporangien besetzte, sogenannte Receptaculum von *Equisetum* nicht aus der Verwachsung eines von einem Aste abstammenden Blätterbüschels, sondern dass es aus einem Blatte des Schaftes selbst abstammt, dass dasselbe gleichsam das zu ungewöhnlicher Grösse angewachsene Connectiv einer Anthere repräsentirt und dass die auf seiner untern Seite stehenden Sporangien den einzelnen Loculamenten einer Anthere entsprechen [2]).

Farne.

In der Familie der Farne tritt uns eine Ausbildung des Blattes wenigstens in Hinsicht auf seine äussere Form entgegen, wie wir sie in der ganzen Reihe der Phanerogamen nur selten beobachten; zugleich treffen wir das ungewöhnliche Verhältniss, dass dieses Blatt (wenigstens in den meisten Fällen) zugleich als Vegetationsblatt functionirt und den Träger der Fructificationstheile bildet; nur bei der Minderzahl von Farnen sind die mit Sporangien besetzten Blätter so sehr contrahirt, dass ihre blattförmige Ausbreitung ganz verloren geht und wie bei den Phanerogamen die vegetativen Functionen den unfruchtbaren Blättern allein übertragen sind. Diese auffallenden Verhältnisse des Farnblattes, seine eigenthümliche Aestivation, die Aehnlichkeit, welche dasselbe bei manchen Farnen z. B. bei *Lygodium* mit einem Stengel besitzt, der Umstand, dass es nicht mit einzelnen Samen, sondern mit capselähnlichen Sporangien besetzt ist, scheinen schon längst den Botanikern als hinreichende Gründe erschienen zu sein, diese Blätter von den Blättern der übrigen Pflanzen

1) Lehrb. der Botanik. I. pag. 441.

2) Ich verdanke es meinem verehrten Freunde Röper auf diese Bildung aufmerksam gemacht worden zu sein, und hoffe, es werde derselbe eine genaue Beschreibung dieser Uebergangsbildungen dem botanischen Publicum nicht vorenthalten. — Dieser Wunsch ist seit dem ersten Erscheinen des vorliegenden Aufsatzes in Erfüllung gegangen, indem Röper (zur Flora Mecklenburgs. 140) eine specielle Beschreibung dieser Missbildungen gab.

Bayerische Staatsbibliothek München

zu sondern, sie mit dem besondern Ausdrucke der ***frons***, des ***Wedels*** und ihren Blattstiel mit dem Namen des ***stipes*** zu bezeichnen, und schon für Linné [1]) wurden diese Verhältnisse Veranlassung, in dem Farnwedel die Verbindung eines Astes mit einem Blatte zu erblicken, eine Ansicht, welche in der neuesten Zeit wieder einen Vertheidiger an Link [2]) gefunden hat. Linné erklärte sich über die Gründe dieser Annahme nicht näher, seine Zusammenstellung des Farnwedels mit dem Palmenblatte spricht dagegen nicht für seine Ansicht, insoferne Niemand im Palmenblatte ein wahres Blatt verkennen wird. Link dagegen sucht diese Ansicht durch die anatomischen Eigenthümlichkeiten des Farnwedels zu beweisen, nämlich durch das Hervorbrechen der Früchte aus der innern Diploë des Wedels, worin er den Beweis einer innigen Verbindung zwischen Blatt und fruchttragenden Stengel erblickt, ferner durch den Umstand, dass der Wedel aus dem Stamme ohne Spur von Knospe und unterstützendem Blatte hervorbreche, woraus zu vermuthen sei, dass hier das Blatt mit der Knospe vereinigt sei, endlich durch die eigenthümliche Form des Wedelstieles, auf dessen oberer Seite in der daselbst befindlichen Rinne ein stielrunder Theil herablaufe, als wäre ein anderer Stiel hineinversenkt, womit dann auch eine Stellung der Gefässbündel verbunden sei, welche von der Anordnung der Gefässbündel in dem Blattstiele der Phanerogamen abweiche.

Diesen Gründen kann ich keine Beweiskraft zuerkennen, indem zwei der von Link angegebenen Puncte sich strenge genommen nicht ganz richtig verhalten dürften. Einmal liegt nämlich durchaus kein Beweis dafür vor, dass die Sporangien der Farne aus dem Innern des Wedels, aus seiner Diploë hervorbrechen, sondern im Gegentheile ist bei denjenigen Farnen, welche ihre Früchte auf der Rückenseite des Wedels tragen, anatomisch nachzuweisen, dass ihre Sporangien nur mit dem oberflächlichen Parenchyme des Wedels, aber weder mit den tieferen Schichten des Zellgewebes, noch mit seinen Gefässbündeln in Verbindung stehen, wie dieses auch aus den von Martius und Schott publicirten Abbildungen erhellt; was anderntheils die Angabe, als sei in die Furche der obern Seite des Wedelstieles ein halbrunder Theil versenkt, betrifft, so konnte ich auch diese nicht bestätigt finden. Im Allgemeinen zeigt der Wedelstiel der Farne, wie jeder andere Blattstiel auf der untern Seite eine convexe Krümmung, auf der obern eine häufig sehr tiefe und schmale Furche; ausserdem verlauft bei vielen Arten auf jeder Seite eine Furche, so dass die beiden Ränder der Mittelfurche flügelartig vorspringen und von dem untern convexen Theile des Wedelstieles mehr oder weniger deutlich getrennt sind. Die Verzweigungen des Wedelstieles und die blattförmige Ausbreitung entspringen theils von den obern flügelförmigen Vorsprüngen, theils aus den seitlichen Furchen; in diesen Vorsprüngen liegen auch die grössten Gefässbündel. Gegen die Spitze des Wedels zu nehmen allmählig die Seitenfurchen immer mehr ab und es fliessen zuletzt alle Theile des Blattstieles in eine Masse zusammen. Diese verschiedenen Theile des Wedelstieles, welche meistens bei den Wedeln der grossen tropischen Arten z. B. bei *Didymochlaena sinuosa* sehr deutlich ausgebildet sind, treten bei andern Arten sehr wenig hervor, so dass die obern Vorsprünge, welche zwischen den Seitenfurchen und der Mittelfurche liegen, sehr schwach sind oder auch ganz verschwinden und

1) Philosoph. botan. Stockh. 1751. p. 42.

2) Elem. philos. botan. sec. edit. 1837. Tom. I. pag. 480. »In filicibus epiphyllospermis folia cum scapo fructigero connata sunt et frondem formant.«

Bayerische Staatsbibliothek München

somit der Wedelstiel halb stielrund wird; in andern Fällen wird derselbe durch Abrundung der obern Fläche vollkommen stielrund [1]). In Uebereinstimmung mit dieser äussern Form des Wedelstieles steht auch die Anordnung der Gefässbündel in demselben. Im Allgemeinen bilden nämlich die Gefässbündel auf der untern Seite des Wedelstieles einen nach aussen convexen Bogen, dessen Endigungen in den flügelförmigen Hervorragungen der obern Seite liegen. An den Seiten des Wedelstieles hat dieser aus den Gefässbündeln gebildete Halbmond, entsprechend den beiden Seitenfurchen, eine oft scharf einwärts gefaltete, oft aber auch nur schwach gekrümmte Einbiegung nach innen, und bei den grösseren Arten sind häufig die beiden Enden des Halbmondes auf der obern Seite des Blattstieles durch eine Reihe von Gefässbündeln vereinigt [2]), so dass ein vollständiger Ring von Gefässbündeln, welcher der äussern Oberfläche des Wedelstieles so ziemlich folgt, gebildet wird. Wenn nun diejenigen Gefässbündel, welche in dem einwärts gefalteten Theile des Halbmondes liegen, grösser als die übrigen und besonders, wenn sie zu zusammmenhängenden Platten verschmolzen sind, so entsteht auf dem Querschnitte die bekannte mit dem Doppeladler verglichene Figur. In allen diesen Verhältnissen kann ich (wenn zugleich auf den eigenthümlichen Bau der Gefässbündel der Farne Rücksicht genommen wird) nur Modificationen der gewöhnlichen Form des Blattstieles erkennen, welche nicht stärker von dem bei den Phanerogamen vorkommenden Typus abweichen, als die Gestalten, welche man in manchen andern Familien z. B. bei den *Cycadeen* und *Palmen* antrifft, und ich glaube nicht, dass aus der, allerdings bei manchen, aber durchaus nicht bei allen Farnen stattfindenden bedeutenderen Grösse der in den flügelförmigen Vorsprüngen liegenden Gefässbündel mit Link ein Beweis dafür hergeleitet werden kann, dass auf diesen Blattstiel ein Ast aufgewachsen sei. Wäre dieses der Fall, so könnte nämlich die obere Furche des Wedelstieles nicht vorhanden sein, sondern es müsste an ihrer Stelle ein convexer Strang, welcher einen besonderen Kreis von Gefässbündeln enthielte, vorhanden sein; die Anwesenheit eines solchen eingeschobenen Theiles konnte ich hingegen nie bemerken [3]).

Haben wir also in der anatomischen Beschaffenheit des Blattstieles keinen Grund für die Annahme gefunden, dass der Wedel der Farne nicht blos ein Blatt repräsentire, sondern aus einem Blatte und einem in seiner Achsel stehenden Aste zusammengewachsen sei, so bleibt, um uns über die Natur dieses Gebildes zu vergewissern, am besten der Weg übrig, den Habitus der Farne und ihrer Wedel mit dem der verwandten Pflanzen zu vergleichen. In dieser Beziehung liegt die Vergleichung mit den *Cycadeen* (welche ja früher wegen der grossen Aehnlichkeit ihrer Vegetationstheile zu den Farnen gezählt wurden) am nächsten und wirklich sehen wir eine auffallende Aehnlichkeit zwischen den Baumfarnen und diesen Gewächsen nicht nur im ganzen Habitus, sondern auch in manchen Fällen in der Form ihres Blattstieles ausgesprochen, bei welchem

1) Vgl. über die Formen des Wedelstieles: Die Abbildungen von Querschnitten in Brongniart's histoire des végétaux fossiles. Tab. 37. — Göppert, in Verhandlungen der Leop. Carol. Academie der Naturforscher. Tom. XVII. Suppl. 105 u. flg. — Presl, tentamen pteridographiae pag. 32.

2) Vgl. Hugo Mohl, de caudic. filicum arbor. structura in Martius, Icones select. plant. cryptogam. Brasil. p. 49. Tab. XXIX und XXX.

3) Ueber diese vorgebliche Verwachsung des Farnblattes mit einem axillären Aste vergl. Röper zur Flora. Mecklenburgs pag. 58.

letzteren ähnliche Seitenfurchen, wie am Blattstiele der Farne, mehr oder weniger deutlich ausgeprägt sind. Entfernter, aber immerhin noch anzuführen, ist die Analogie mit den Palmen. Wie nun aber wohl Niemand zweifelt, dass die Frons einer Cycadee oder einer Palme ein wahres Blatt ist, so dürfen wir dieses bei dem sehr ähnlichen Farnwedel ebenfalls nicht in Zweifel ziehen.

Der dritte, von Link geltend gemachte Umstand, dass in der Achsel des Farnwedels keine Knospe vorhanden sei, scheint mir bei Entscheidung der in Rede stehenden Frage ohne Gewicht zu sein. Das constante Vorkommen einer Knospe in der Blattachsel ist nämlich keine, allen Pflanzenfamilien gemeinschaftliche Eigenschaft, sondern die Knospe fehlt bei den niedriger stehenden Familien entweder beinahe constant, wie bei den Moosen, Lycopodineen, Cycadeen und selbst noch bei vielen Coniferen, oder sie kommt doch wenigstens nur in seltneren Fällen zur Entwicklung, wie bei den meisten Gräsern, Cyperaceen, Palmen, den meisten Zwiebelgewächsen, Orchideen u. s. w.; wir sind desshalb nicht berechtigt, bei dem Vegetationsblatte einer in der Reihe der Familien so niedrig stehenden Pflanze, wie eines Farn, aus dem Grunde, weil in seiner Achsel keine Knospe steht, gegen seine Blattnatur misstrauisch zu werden.

Gehen wir nun nach dieser Untersuchung der Natur desjenigen Organes, welches bei den Farnen die Sporangien trägt, zu diesen selbst über, so müssen wir wegen der abweichenden Beschaffenheit derselben bei den Unterabtheilungen dieser Familie die Hauptformen derselben in besondere Erwägung ziehen.

Bei den *Ophioglosseen* wird gewöhnlich als Character der Gattung *Ophioglossum* angegeben, dass sie zweiklappige, zu einer zweizeiligen Aehre verwachsene Capseln hätte; es werden folglich diese Capseln als eigenthümliche Organe und das contrahirte Blatt, welches dieselben trägt, als ein von ihnen abgesondertes Organ betrachtet. Diese Ansicht scheint mir nicht naturgetreu zu sein, sondern ich glaube, es müsse die ganze Aehre in Beziehung auf ihre Organisation mit der Anthere einer phanerogamen Pflanze verglichen werden. Die Spitze der Fruchtähre stellt nämlich mehr oder weniger deutlich (z. B. bei *Ophioglossum lusitanicum* sehr deutlich) eine Blattspitze dar; die einzelnen, als Capseln beschriebenen, mit Sporen gefüllten Fächer besitzen durchaus keine eigenen Wandungen, sind nicht von der Blattsubstanz abgeschnürt, sondern sind blose Aushöhlungen im Gewebe des in Folge der Sporenproduction schmal und dick gewordenen Blattes, sie sind desshalb den Antherenloculamenten zu vergleichen und die Achse der Aehre entspricht dem zum Connectiv zusammengezogenen mittleren Theile eines Staubgefässblattes. Dass diese Loculamente in einer Längenreihe am Blattrande liegen und zwar auf jeder Seite nur in einfacher Reihe, und dass sie sich durch eine Querspalte und nicht, wie die Mehrzahl der Antheren, in einer Längenspalte öffnen, kann nicht als Einwurf gegen diese Ansicht geltend gemacht werden, indem auch bei den Antheren in Hinsicht auf die Anzahl ihrer Fächer und die Art ihres Aufspringens zum mindesten eben so grosse Abweichungen vom gewöhnlichen Typus vorkommen; auch soll ja durch diese Vergleichung der Aehre eines *Ophioglossum* mit einer Anthere nicht ihre Antherennatur bewiesen, sondern nur die Analogie ihres Baues mit der Structur des Staubbeutels dargethan werden.

Bei *Botrychium* gewinnt das Sporangium mehr Selbstständigkeit. Es ist zwar aus der Stellung der Capseln in zweizeiligen Aehren und aus den mannigfachen Uebergängen des Blattes in die capseltragende

Aehre immer noch zu ersehen, dass auch hier das Sporangium auf dieselbe Weise sich bildet, wie bei *Ophioglossum*, allein die Sporangien sind nicht mehr blose, im Parenchyme des Blattes ausgehöhlte Sporenbehälter ohne eigene Wandungen, sondern sie sind vollkommen von einander getrennt und stellen so scheinbar eigene Organe dar. Dieses scheint nun zwar einer Vergleichung einer solchen Aehre mit einer Anthere sehr zu widersprechen; wenn man sich dagegen erinnert, wie auf der einen Seite sich auch bei manchen Phanerogamen die Antherentheca von ihrem Connective bis auf einen kleinen Insertionspunkt abschnürt und das Ansehen einer gestielten Capsel erhält z. B. bei *Geonoma*, und wie auf der andern Seite die Zahl der Antherenloculamente sich auf demselben Staubgefässblatte ausserordentlich vermehren kann, so dass die einzelne Theca einer ganzen Anthere und das Staubgefässblatt einem von vielen sitzenden Antheren bedeckten Achsengebilde gleicht, wie bei *Cycas*, so wird man es nicht für gesucht erklären, wenn ich auch zwischen der Fruchtähre von Botrychium und der Anthere einer phanerogamen Pflanze eine grosse Analogie finde.

Gehen wir zu den übrigen Farnen über, so werden wir bei diesen in doppelter Beziehung eine Abweichung von den *Ophioglosseen* finden, einmal treffen wir nämlich die Sporangien mit Ausnahme der *Hymenophylleen* nicht mehr am Rande des Wedels, sondern beständig auf seiner untern Fläche, anderntheiles zeigt die Capsel nicht mehr die einfache, der Theca einer Anthere ähnliche Structur des Sporangiums von *Equisetum* und der *Ophioglosseen*, sondern ist mit einem mehr oder weniger vollständig ausgebildeten Ringe und zum Theile mit einem Stiele versehen.

Die Schriftsteller, welche eine morphologische Deutung des Fruchtbaues der Farne gaben, scheinen vorzugsweise das Sporangium der *Polypodiaceen* ins Auge gefasst zu haben, bei welchem der Ring von dem Stiele des Sporangiums aus über seinen Scheitel verläuft und sich auf der entgegengesetzten Seite wieder dem Stiele nähert. Diesen Bau leiteten einige Botaniker z. B. Lindley [1]) und Bischoff [2]), davon ab, dass die Farncapsel aus einem zusammengerollten Blatte bestehe, dessen Spitze, entsprechend dem in der Knospe eingerollten Farnwedel, gegen seine Basis umgerollt sei und dessen Mittelnerve den Ring darstelle. Lindley wurde in dieser Ansicht vorzüglich durch die Beobachtung von viviparen Farnen bestimmt, besonders durch einen Fall, in welchem er die Capselhäufchen (sori) durch junge Pflänzchen in Form von Blätterbüscheln ersetzt sah; der Bildung dieser Blättchen waren nach seiner Beschreibung Primordialblätter oder Schuppen vorausgegangen, deren Zellgewebe nahezu denselben Bau wie das Gewebe der Capsel hatte, und in einem Falle hatte die Mittelrippe eines solchen Blättchens eine auffallende Aehnlichkeit mit dem Ringe des Sporangiums eines Polypodium.

Ohne der Richtigkeit dieser Beobachtungen zu nahe treten zu wollen, lässt es sich doch, wie ich glaube, zeigen, dass dieselben für die angeführte Ansicht durchaus keinen strengen Beweis liefern. Dass auf den Blättern Adventivknospen sich bilden, ist bekannt, und gerade bei den Farnen ist dieses keine seltene Erscheinung. Dass diese Adventivknospen im angeführten Falle an der Stelle der Capselhäufchen sich bildeten, ist aller-

1) Outlines to the first Principles of botany. §. 533. — Introd. to the nat. syst. of botan. p. 313.
2) Lehrb. d. Bot. I. p. 533.

dings auffallend, allein dennoch wohl noch kein Beweis dafür, dass die Blättchen dieser Knospen auch wirklich den Sporangien entsprachen, indem es wohl denkbar ist, dass die zur Production von Sporangien geneigten Stellen in Fällen unregelmässiger Entwicklung vor den übrigen Stellen des Blattes auch zur Production von solchen Gebilden, welche mit den Sporangien in keinem ursprünglichen Zusammenhange stehen, geneigt sein können. Der einzige Umstand, welcher darauf hinzuweisen scheint, das diese Blättchen mit den Sporangien in näherer Verbindung stehen, ist die Aehnlichkeit des Gewebes, der ihnen vorausgehenden Schuppen mit dem Gewebe der Capsel und die Aehnlichkeit eines ihrer Mittelnerven mit dem Ringe. Diese Aehnlichkeit des Gewebes scheint mir ein ganz unbedeutender Umstand zu sein; die Capselhaut besteht aus einer einfachen Zellenschichte, diese Schuppen bestanden wahrscheinlich ebenfalls aus einer einfachen Zellenlage, ebensogut bestehen aber alle Schuppen der Farnstämme und Blätter aus einfachen Zellschichten, und man könnte sie ebensogut als Analoga der Capseln anführen; dann würde es aber sehr misslich um die Herleitung dieser Capseln aus Blättern stehen, denn für Blätter wird doch wohl Niemand mit Agardh die Schuppen der Farne erklären. Was nun die Aehnlichkeit des Mittelnervens einer dieser Schuppen mit einem Capselringe betrifft, auf welche Lindley einen grossen Werth zu legen scheint, so liesse sich über diese natürlicherweise nur durch Autopsie entscheiden. Allein, dieselbe auch vollkommen zugegeben, so beweist sie dennoch nichts für die Entstehung der Capsel aus einem solchen Blatte, sondern bleibt nur eine zufällige Aehnlichkeit, denn der Bau der Sporangien aller nicht zu den Polypodiaceen gehörenden Farne spricht durchaus gegen die Möglichkeit, dass der Ring einer Farncapsel aus dem Mittelnerven eines zusammengerollten Blattes entstehen kann. Dass das Sporangium eines Farn aus der Abtheilung der *Cyatheaceen* durchaus dasselbe Organ ist, wie das Sporangium einer *Polypodiacee*, ist auf den ersten Anblick klar und bedarf keiner besondern Nachweisung. Bei allen Capseln der *Cyatheaceen* ist nun aber der Ring nicht in Verbindung mit dem Stiele der Capsel und läuft nicht über ihren Scheitel, sondern er umgiebt die Capsel in schiefer Richtung in Form eines breiten Bandes, so dass das Sporangium, anstatt wie bei den Polypodiaceen in zwei Seitenhälften, in eine obere kleinere und eine untere grössere Hälfte, welche sich in den Stiel verlängert, getheilt wird. Auf diese Weise bilden die Sporangien der Cyatheaceen den Uebergang von den Sporangien der Polypodiaceen zu denen der *Gleicheniaceen, Schizaeaceen* und *Hymenophylleen,* bei welchen der Ring sich vollkommen quer stellt und die obere Abtheilung der Capselwandung, welche schon bei den Cytheaceen kleiner als die untere ist, sehr klein wird oder völlig verschwindet, so dass der Ring selbst zum gestreiften Scheitel der Capsel wird [1]).

In allen diesen Fällen nun, in welchen der Capselring in schiefer oder in horizontaler Richtung verläuft, ist es auf den ersten Anblick deutlich, dass derselbe nicht aus der Mittrippe eines Blattes gebildet sein

1) Dieser allmählige Uebergang von dem Sporangium der Polypodiaceen zu dem der Schizaeaceen beweist sehr deutlich, dass das letztere nicht, wie Agardh (Biologie p. 410) glaubt, ein von dem ersteren gänzlich verschiedenes Organ ist. Agardh's Vergleichung der Polypodiaceencapsel mit dem Samen einer phanerogamen Pflanze und die Vergleichung der Sporen mit Samen ist durch die Entwickelungsgeschichte dieser Sporen hinreichend widerlegt.

kann, es müsste ja sonst das Blatt von seinem Insertionspuncte abgerissen und mit einem seiner Seitenränder auf seiner Unterlage angewachsen sein. Da nun, wie schon bemerkt, das Sporangium der Cyatheaceen den unmittelbaren Uebergang zu dem der Polypodiaceen bildet, so können wir auch für das letztere die von Lindley gegebene Erklärung der Bildung nicht als richtig anerkennen.

Wie nahe verwandt das mit einem Ringe versehene Sporangium der Farne mit dem zweiklappigen Sporangium der Ophioglosseen ist, erhellt aus der Bildung der Sporangien der *Osmundaceen*, welche sich durch ihr zweiklappiges Aufspringen den letzteren, durch ihren unvollständigen Ring den ersteren anschliessen. Wir müssen aus diesem unvollständigen Ringe den Schluss ziehen, dass der Ring des Farnsporangiums überhaupt kein besonderer, von der übrigen Wandung verschiedener Theil ist, sondern dass er nur auf einer Modification des Baues der Capselwand, auf einer abweichenden Anlagerung und Ausbildung ihrer Zellen beruht.

Bei der unläugbaren Aehnlichkeit, welche das Sporangium von *Osmunda* mit dem von *Botrychium* besitzt, und bei der auffallenden Aehnlichkeit, welche zwischen dem letzteren und einer Antherentheca stattfindet, werden wir darauf hingewiesen, auch in dem Sporangium aller derjenigen Farne, welche ihre Früchte auf der untern Blattseite entwickeln, eine analoge Bildung mit der Theca der Anthere zu erblicken. Ein zweiter Grund, welcher für diese Analogie spricht, liegt in der Entwicklungsgeschichte der Sporen. Indem sich nämlich die Sporen im Innern von Mutterzellen bilden, welche in den früheren Lebensperioden des Sporangiums seine Höhlung erfüllen und später wieder resorbirt werden [1]), so scheint mir dieses ein wichtiger Grund zu sein, in dem Sporangium der Farne nicht eine durch Einrollung eines blattähnlichen Gebildes entstandene Capsel, welche gleich dem phanerogamischen Carpelle auf ihrer innern Blattfläche saamenähnliche Körner producirt, sondern ein durch Anschwellung eines zelligen Organes und durch spätere Auflösung des zelligen Inhaltes hohl gewordenes Gebilde zu erblicken.

Man könnte gegen diese Vergleichung eines Farnsporangiums mit einer Antherentheca einwenden, dass sein Sitz auf der untern Blattfläche gegen diese Analogie spreche, allein gewiss mit Unrecht, indem wir auch bei den Phanerogamen die Theca der Antheren durchaus nicht immer an den Seitenrändern des metamorphosirten Blattes, sondern sehr häufig aus der obern Blattfläche und in andern Fällen aus der untern Blattfläche entspringen sehen [2]). In dieser letzteren Beziehung ist insbesondere die Antherenbildung von *Cycas* und *Zamia* zu beachten, bei welchen Pflanzen eine sehr grosse Menge von Antherenfächern gruppenweise auf der Unterfläche der Staubgefässblätter vertheilt liegen, auf ähnliche Weise, wie die Sporangien auf der Unterfläche der Farnwedel, so dass die Analogie nicht vollständiger sein könnte.

Ein Umstand könnte gegen diese Vergleichung angeführt werden, nämlich die sehr verschiedene Entwicklungsweise der Antheren und der Farnsporangien. Bei den Staubgefässen ist es nämlich Regel, dass die Anthere in ihrer Entwicklung dem Träger vorauseilt und bereits eine bedeutende Grösse erreicht hat, wenn

1) Vrgl. Hugo Mohl, einige Bemerk. über die Entwickl. und den Bau der Sporen. Flora. 1833. I. p. 33 u. flg. (Siehe oben pag. 69). - Martius, Icones plantar. cryptog. p. 98.

2) Vergl. den Aufsatz Nr. III. über d. Umwandlung von Antheren in Carpelle.

der Staubfaden noch sehr kurz und durchaus unentwickelt ist; bei den Farnen entwickelt sich dagegen zuerst das Blatt und erst wenn dasselbe eine ziemliche Ausbildung gewonnen hat, sprossen auf demselben die Sporangien hervor. Dieser Einwurf verliert aber wohl sein Gewicht, wenn wir das verschiedene Verhältniss der Anthere und ihres Staubfadens, welcher die Blattnatur ganz verloren hat, mit dem Verhältnisse der Farnsporangien und ihres blattartigen Trägers vergleichen und mit den letzteren nicht die gewöhnliche Form der zweifächerigen Anthere in Parallele setzen, sondern vielmehr solche Staubgefässe, bei welchen der Staubfaden gross, blattähnlich und die Anthere klein und vielfächrig ist. Dahin gehören vor allem die Staubgefässe der Cycadeen, von deren Entwicklungsgeschichte mir zwar keine Beobachtungen bekannt sind, deren ganzer Bau aber dafür spricht, dass bei ihnen die Entwicklung der Antheren der Entwicklung des Trägers nicht in derselben Weise, wie es bei den gewöhnlichen Staubgefässen der Fall ist, vorauseilen kann; ferner können auch diejenigen Gattungen der Coniferen angeführt werden, bei welchen, wie bei Juniperus, das Staubgefässblatt eine im Verhältniss zur Anthere bedeutend grosse Schuppe bildet und die Antherenfächer unter der Form von isolirten, der Grösse nach untergeordneten capselähnlichen Anhängen erscheinen.

Lycopodiaceae.

Die morphologische Deutung des Sporangiums der Lycopodiaceen bietet ungeachtet seiner einfachen Structur grössere Schwierigkeiten als die Früchte der vorhergehenden Familien dar. Bischoff [1]) leitet diese Sporangien aus einer axillären Knospe ab, deren Blätter zu einer Fruchthülle geschlossen seien und welchen die Epidermis der oberen Fläche fehle. Diese Ansicht bietet sich allerdings bei Betrachtung des Sporangiums von *Lycopodium* und *Psylotum* zuerst dar und es ist auch zuzugeben, das in dem Baue dieser Sporangien nichts dieser Ansicht widersprechendes liegt. Die Umstände, welche etwa zuerst gegen die Richtigkeit dieser Deutung Zweifel erregen könnten, nämlich, dass sich bei diesen Sporangien die Spalte nicht bis auf die Basis herab erstreckt, und dass die Klappen im untern Drittheile des Sporangiums so genau verwachsen sind, dass sich auch nicht die leiseste Andeutung einer Sutur findet, ferner die Lage der Spalte bei *Lycopodium inundatum* und *cernuum*, bei welchen Arten sie auf der vordern Seite der Capsel in querer Richtung und nicht wie bei den übrigen Arten in senkrechter Richtung über den Scheitel verlauft [2]), diese Umstände lassen sich auch bei der Annahme einer Zusammensetzung der Capsel aus zwei Blättern erklären.

Dagegen liessen sich wohl zwei andere bedeutendere Einwürfe gegen die angeführte Erklärung des Fruchtbaues dieser Gewächse machen. Einmal scheint es, dass die Sporangien nicht wirklich in der Achsel der Blätter stehen. Dieses erhellt schon, jedoch auf eine weniger deutliche Weise, aus einer sorgsamen Untersuchung von *Lycopodium*, bei welcher man bemerken wird, dass die Basis des Sporangiums ebensowohl mit dem Mittelnerven des Blattes, in dessen Achsel dasselbe sitzt, als mit dem Stengel in Verbindung steht, so dass man über seinen wahren Insertionspunct zweifelhaft bleibt, vorzüglich aber ist dieses Verhält-

1) Lehrbuch der Botanik. I. p. 433.

2) Kaulfuss, das Wesen der Farrenkräuter. p. 19.

niss bei *Psilotum*, besonders bei *Tmesipteris* (welche ich leider selbst zu untersuchen keine Gelegenheit hatte) ausgesprochen[1]), indem hier die Capsel in der Incisur des Blattes befestigt ist. Dieser Umstand ist von einer um so grösseren Bedeutung, wenn man die unläugbare Verwandtschaft von *Isoëtes* mit *Lycopodium* ins Auge fasst. Wenn man auch diese Verwandtschaft nicht für so enge halten sollte, um nach dem Vorgange von DECANDOLLE u. A. *Isoëtes* in die Familie der Lycopodiaceen zu stellen, so lässt doch jedenfalls das Vorkommen von zweierlei Sporen sowohl bei *Isoëtes* als bei manchen Arten von *Lycopodium* auf eine grosse Aehnlichkeit der Sporangien dieser Pflanzen schliessen. Da nun bei *Isoëtes* die beiderlei Sporangien entschieden nicht in der Achsel des Blattes, sondern auf diesem selbst stehen, da ferner bei *Psilotum* das Sporangium ebenfalls auf dem Blatte steht, so wird es wahrscheinlich, dass auch bei *Lycopodium* der axilläre Stand der Sporangien nur scheinbar ist und dass dieselben eher ein Product des Blattes, als des Stengels sind. Es könnte zwar die Stellung der Sporangien auf dem Blatte von *Psilotum* durch ein Anwachsen des Fruchtstieles an das Blatt erklärt werden, gegen diese Erklärung spricht aber der Umstand, dass in dieser Familie überhaupt der Fruchtstiel ausserordentlich kurz ist und bei *Isoëtes* keine Spur desselben zu finden ist[2]).

Ein zweiter Umstand, welcher ungeachtet aller äusseren Aehnlichkeit der Frucht der Lycopodiaceen mit einer aus zwei bis drei verwachsenen Carpellen bestehenden, ein- bis dreifächerigen Capsel dennoch gegen die Herleitung derselben aus zwei bis drei Carpellarblättern zu sprechen scheint, liegt in der Entwicklung der in dieser Frucht enthaltenen Sporen, indem dieselben auf die gleiche Weise, wie bei den Farnen und wie bei den Phanerogamen die Pollenkörner, in Mutterzellen, welche die Fruchthöhle erfüllen, vor sich geht, also eher darauf hinweist, dass sie im Innern eines zelligen Organes, als dass sie auf der Oberfläche eines blattartigen Theiles erfolgt. Dieser Umstand scheint BISCHOFF zu der Annahme veranlasst zu haben, es fehle diesen Früchten die Epidermis der obern Seite der Carpellarblätter. Eine solche Annahme, als sei bei den einzelnen Carpellarblättern die nach innen gekehrte Fläche, sei es ursprünglich oder erst im Verlaufe der Entwicklung, verschwunden und die Höhlung des Carpells durch die Mutterzellen, welche aus dem nun nackt daliegenden Mesophyllum abstammen, erfüllt, schliesst nun zwar keine Unmöglichkeit in sich, allein

1) Vrgl. BERNHARDI in SCHRADER's Journal. 1801. p. 131. Tab. II. fig. 5. — LABILLARDIÈRE, Novae Hollandiae plantar. specimen. Tom II. p. 105. Tab. 252. — ROB. BROWN, prodr. flor. Nov. Holl. edit. Nees ab Esenbeck. p. 20.

2) Die Ansicht, dass bei den *Lycopodiaceen* die Frucht auf dem Blatte und nicht in der Blattachsel stehe, wurde auch von AD. BRONGNIART (hist. d. végét fossiles II. 31.), SCHLEIDEN (Grundzüge II. 81.), SPRING (monogr. d. l. fam. d. Lycopod. 13.), ROEPER (flor. meckl. I. 124) anerkannt. TREVIRANUS glaubt dagegen diese Stellung sei nur scheinbar (Linnaea 1843. 410.), indem bei *Tmesipteris* das zweispaltige, das Sporangium tragende Blatt aus einer Verwachsung von zwei Blättern hervorgehe und bei *Lycopodium* die Insertion des Sporangiums auf dem Blatte höchst zweifelhaft sei. Ueber *Tmesipteris* kann ich nicht aus Autopsie urtheilen, bei *Lycopodium* sehe ich dagegen keinen Grund, von meiner früheren Ansicht abzuweichen, um so mehr, da bei manchen, von BRONGNIART, HOOKER und GREVILLE abgebildeten Arten die Stellung der Frucht auf dem Blatte noch weit deutlicher ist, als bei den von mir untersuchten Arten, auf welche ich jene Ansicht gründete.

sie entbehrt doch zu sehr aller Analogie, als dass wir sie im vorliegenden Falle, in welchem schon die Stellung der Frucht ihre Ableitung aus Blättern überhaupt zweifelhaft macht, ohne weitere Erfahrungen über diesen Punct als gültig annehmen dürften.

Ich glaube, in einem so zweifelhaften Falle, wie die Bildung des Sporangiums von *Lycopodium* ist, müssen wir uns eher nach Analogien umsehen, welche von verwandten Pflanzen hergenommen sind, als dass wir eine Vergleichung mit den Organen entfernt stehender Pflanzen anstellen. Nun liegt aber, es mag *Isoëtes* zu den Lycopodiaceen gehören, oder nur eine mit ihnen nahe verwandte Familie bilden, jedenfalls eine Vergleichung des Sporangiums der Bärlappe mit dem Sporangium von *Isoëtes* weit näher, als eine Vergleichung desselben mit dem Carpelle der Phanerogamen, und wir sind bei der Uebereinstimmung, welche die Sporen dieser Pflanzen zeigen, und bei der ähnlichen Stellung der Sporangien eher darauf hingewiesen, auch in dem Sporangium der Lycopodiaceen ein Product des Blattes, als ein nach Art des Ovariums der Phanerogamen aus Carpellarblättern zusammengesetztes Gebilde zu erblicken, denn bei *Isoëtes* spricht nicht nur die Stellung des Sporangiums, sondern ebensowohl auch die Anwesenheit der zelligen Querfäden, welche die Höhlung des Sporangiums durchziehen, gegen eine Zusammensetzung der Frucht aus mehreren Blättern, indem diese Fäden als die Ueberreste eines die ganze Höhlung des Sporangiums ausfüllenden Parenchymes, von welchem nicht alle Zellen als Mutterzellen functionirt haben, zu betrachten sein mögen.

Ebenso mag das Sporangium von *Lycopodium* mit dem von *Botrychium* in Beziehung auf die Form und die Art des Aufspringens wohl verglichen werden. Diese Aehnlichkeit scheint mir weit grösser zu sein, als die Aehnlichkeit, welche es mit einem phanerogamischen Carpelle besitzt, denn der Mangel von Gefässbündeln im Sporangium von Lycopodium, während die Blätter einen mit Gefässen versehenen Mittelnerven enthalten, spricht eher dafür, dass dasselbe, wie bei *Botrychium* eine Production des Blattes, als dass es aus Blättern zusammengewachsen ist.

Dass das Sporangium bei *Psilotum* zwei- und dreifächerig ist, scheint mir gegen die eben geäusserte Ansicht nicht als Einwurf geltend gemacht werden zu können, denn es lässt sich diese Bildung eben so gut aus der Verwachsung von zwei bis drei nach Art einer Antherentheca gebildeten Sporangien, als aus der Verwachsung von Carpellen erklären, und dieses um so mehr, da wir unter den Farnen bei *Danaea* und *Marattia* eine analoge Verwachsung der Sporangien finden.

Es bliebe uns nun, um diese Untersuchungen auf die ganze Reihe der mit Gefässen versehenen Cryptogamen auszudehnen, noch die Betrachtung der Sporangien der *Salviniaceen* und der *Marsilaeaceen* übrig; ich muss aber gestehen, dass ich es, besonders wegen der räthselhaften Bildung von *Azolla* und wegen des Mangels an genügenden Beobachtungen über die physiologischen Functionen der verschiedenen in den capselähnlichen Behältern dieser Pflanzen enthaltenen Organe, zur Zeit noch nicht wage, über die morphologische Deutung ihrer Fructificationsorgane eine Meinung zu äussern.

Werfen wir einen vergleichenden Blick auf die Sporangien der im Bisherigen einzeln betrachteten Familien zurück, so erhellt, dass bei allen diesen Gewächsen auf eine gleichmässige Weise die Bildung des Sporangiums eine unverkennbare Aehnlichkeit mit der Theca einer Anthere zeigt.

Dieses Resultat, welches hier aus den morphologischen Verhältnissen des Sporangiums selbst abgeleitet ist, steht in genauer Uebereinstimmung mit den früher von mir bekannt gemachten Untersuchungen über die Entwicklung und den Bau der Sporen, indem dieselben zeigten, dass die Sporen der höheren cryptogamischen Familien in Beziehung auf ihre Entstehung in Mutterzellen, auf die Zahl der Körner, welche sich in jeder dieser Zellen bilden, auf ihre relative Lage in den Zellen und ihre Zusammensetzung aus zwei Häuten, von welchen die innere eine gleichförmige dünne Membran, die äussere eine zusammengesetzte, punctirte, oft zellige Haut darstellt, mit den Pollenkörnern die grösste Aehnlichkeit besitzen, dagegen von den Eiern der Phanerogamen in jeder Beziehung verschieden sind.[1])

1) Einen Wiederabdruck einiger weiterer allgemeiner Bemerkungen, welche das Verhältniss des Pollenkorns zur Spore betrafen und den Schluss dieser Dissertation bildeten, halte ich nun für völlig überflüssig, indem die theoretische Betrachtungsweise dieser Organe seit der Zeit der Abfassung dieses Aufsatzes in Folge der Schleiden'schen Arbeiten über die Entwicklung des Embryo bei den Phanerogamen die wesentlichsten Veränderungen erfuhr, ein Abschluss in dieser Sache dagegen erst das Resultat weiterer Forschungen sein kann.

IX.

Ueber
den Bau des Stammes der Baumfarne.

(Im Auszuge übersetzt aus der im Jahr 1833 in Martius, icones plantarum cryptogamicarum Brasiliae erschienenen Abhandlung: de structu a caudicis filicum arborearum.)

Nach der Angabe von Desfontaines (Mém. de l'institut I. 478) besteht der Stamm der Baumfarne aus holzigen Fasern und in mannigfacher Richtung gedrehten Platten, welche gegen die Peripherie des Stammes hin breiter und einander mehr genähert sind, als gegen seine Mitte hin. Wenn sich auch einige Verschiedenheiten zwischen dem Baue dieser Pflanzen und dem der Monocotylen finden, so kommt doch beiden dieselbe Anordnung der Fasern und dieselbe Art des Wachsthumes zu.

Nach Brisseau Mirbel (élémens de botanique I. 122) hält die Organisation dieser Pflanzen die Mitte zwischen der der Monocotylen und der der niedereren Ordnungen. Ihr Stamm ist nichts, als ein Bündel von Blattstielen, denn seine Fasern divergiren von seiner Basis gegen die Blätter; wenn sie in Folge des späteren Wachsthumes verschmelzen, so bilden sie bizarr gewundene Platten. Der Stamm besitzt ein centrales Wachsthum.

Die gleiche Vorstellung, dass der Stamm der Baumfarne ein Bündel von Blattstielen sei, hat auch Link (Linnaea. 1826. 414—417), nach welchem man auf dem Querschnitte des Stamms unregelmässig vertheilte braune und weisse Schichten sieht. Die mikroskopische Untersuchung beweise, dass das Holz nur aus den weissen Schichten bestehe und dass dasselbe beinahe ganz aus Spiralgefässen gebildet sei, die braunen Schichten bestehen aus Prosenchymzellen. Die weissen Holzschichten bilden nicht völlig geschlossene Ringe, welche in jedem Blattstiele mit der concaven Seite nach aussen gerichtet seien. Die Mitte des Blattstieles oder dieses Kreises sei nicht homogen, sondern mit Platten gefüllt, gleichsam marmorirt. Diese Holzschichten seien theils parallel mit dem äussern Kreise, theils seien sie auch weit kleiner und erscheinen unter der Form von unregelmässig vertheilten Fasern.

Auch Decandolle (Organog. végét. I. 232) schreibt den Baumfarn den Bau der Monocotylen zu. Man sehe auf dem Querschnitte des Stammes rundliche braune Flecken von ziemlich verschiedener Form, welche durch sehr harte Faserbündel gebildet seien. Das Holz entwickle sich innerhalb des centralen faserigen Cylinders und enthalte eine Menge falscher Tracheen. Die Verzweigungen des Stammes gehen von diesem Cylinder aus und scheinen nur die Folge des Auseinandertretens der Fasern zu sein.

Das Gemeinschaftliche dieser Ansichten besteht also darin, dass das Holz der Baumfarne aus unregelmässigen, auf verschiedene Weise gewundenen, getrennten Faserbündeln bestehe und dass dieselben hiedurch so wie durch die Art ihres Wachsthumes grosse Aehnlichkeit mit den Monocotylen besitzen.

Die folgenden Untersuchungen wurden an den Stämmen von 10 Baumfarnen angestellt, an *Alsophila nigra* Mart., *phalerata* Mart., *Schanschin* Mart., *vestita* Mart., *Cyathea Sternbergii* Pohl, *Delgadii* Pohl, *Didymochlaena sinuosa* Desv., *Chnoophora excelsa* Mart., an einem Stamme, welchen der berliner Garten unter dem Namen *Polypodium armatum* mitgetheilt hatte und am Stamme einer unbestimmten Art [1]).

Der Stamm der Baumfarne ist gerade, säulenförmig, gegen die Spitze etwas verdünnt, einfach, nur an der Spitze mit Blättern besetzt, rund, aber wegen der Blattnarben und vorspringenden Blattkissen nicht vollkommen cylindrisch. Die gewöhnliche Vergleichung desselben mit dem Palmenstamme ist blos in Beziehung auf seinen Habitus, auf die schlanke Form und die Stellung der Blätter an seiner Spitze richtig; die Insertion seiner Blätter, welche niemals stengelumfassend sind, wie bei den Palmen, nähert ihn dagegen mehr dem Stamme der Cycadeen, von welchem er sich jedoch wieder durch den Umstand, dass der untere Theil seiner Blattstiele nicht unter der Form von Schuppen stehen bleibt, so wie durch seine schlankere Form unterscheidet.

Der Farnstamm ist von einer glatten, glänzenden Epidermis überzogen, welche jedoch häufig wegen der grossen Menge von zarten, mit der Spitze nach oben gerichteten Schuppen, welche den ganzen Stamm bedecken, nicht zu Gesichte kommt.

In Hinsicht auf die Blattstellung zerfallen die Farnstämme in zwei Gruppen, bei der ersten stehen die Blätter in Spiralen, bei der zweiten in Quirlen [2]). Bei *Alsophila vestita* stehen je vier, bei *Chnoophora excelsa* und *Didymochlaena sinuosa* je acht Blätter in einem Quirle; die aufeinander folgenden Quirle alterniren mit einander.

Die Blattnarben haben eine regelmässige elliptische oder nach oben pyramidenförmig sich zuspitzende Form. Bei *Chnoophora* und *Didymochlaena* sind dieselben rhombenförmig und einander so genähert, dass sie die ganze Oberfläche des Stammes bedecken. Sie ragen bald über die Oberfläche des Stammes hervor, wie bei *Alsophila phalerata, nigra, Cyathea Delgadii* [3]), bald sind sie kaum über dieselbe erho-

1) Das Material war also in Beziehung auf die Menge der Stämme nicht ganz unbedeutend, desto schlimmer sah es dagegen mit der Qualität desselben aus. Es waren blose aus der Mitte der Stämme ausgeschnittene Abschnitte, einen ganzen Stamm, oder auch nur das untere und obere Ende hatte ich von keiner dieser Arten. Seit der Zeit der Abfassung dieses Aufsatzes habe ich zwar manchen weiteren Farnstamm gesehen, dieselben waren aber ebenso unvollständig.

2) Da zur Zeit, als ich meinen Aufsatz schrieb, die Arbeiten von Schimper und Al. Braun noch nicht erschienen waren, so halte ich es für besser, statt meiner damaligen unvollkommenen Bestimmung der Spiralstellung bei den Baumfarnen anzuführen, dass Al. Braun bei *Alsophila nigra* die Divergenz zu $^2/_7$ (Ordnung d. Schuppen an den Tannenzapfen p. 197), bei einem andern Baumfarnen (ohne Zweifel bei *Als. phalerata*) zu $^3/_8$ (l. c. p. 81) bestimmte.

3) In einem noch weit auffallenderen Grade, als bei den von mir untersuchten Stämmen findet sich dieses Verhältniss bei dem von Ad. Brongniart végét. fossil. T. 43. fig. 1 abgebildeten Stamme.

ben, wie bei *Alsophila Schanschin, vestita,* bald bilden sie trichterförmige Vertiefungen, wie bei *Didymochlaena* und *Chnoophora.* Der untere Theil der Blattnarbe ist von einer seichteren oder tieferen Längenfurche durchzogen. Die in den Blattstiel eintretenden Gefässbündel sind auf der Blattnarbe auf eine eigenthümliche, sehr characteristische Weise vertheilt. Sie bilden zwei Halbmonde, von welchen der eine mit dem oberen, der andere mit dem unteren Rande der Blattnarbe parallel lauft. Auf jeder Seite der Blattnarbe nähern sich die Enden dieser Halbmonde einander bis auf ein paar Linien, verbinden sich aber nicht unmittelbar, sondern vermittelst zweier geraden Reihen von Gefässbündeln, welche einwärts und abwärts gegen die Mitte der Blattnarbe zu laufen und dort unter einem spitzigen Winkel zusammentreffen. In dem Raume, welcher zwischen den zwei oberen dieser Linien und dem oberen Halbmonde liegt, findet sich ein kleiner, isolirter Haufen von Gefässbündeln. Die Angabe von Sternberg (essai d'un exposé géogn. botan. d. l. flore d. monde primitif. cah. IV. 53), dass bei den Baumfarnen der Jetztwelt die Gefässbündel unregelmässig auf der ganzen Fläche der Blattnarbe zerstreut seien, ist ganz ungenau.

Vom untern Rande einer jeden Blattnarbe lauft ein oft sehr stark hervorragendes Blattkissen gegen die Achsel eines der unteren Blätter abwärts, wesshalb der Querschnitt der meisten dieser Stämme sehr stark von einem Kreise abweicht. Bei *Chnoophora* und *Didymochlaena* sind diese Blattkissen unter dem oberen Theile der nächst unteren Blattnarben verborgen, worin die eigenthümliche Trichterform dieser Blattnarben begründet ist.

Im Blattkissen findet sich ein Organ von eigenthümlicher Structur, welches im übrigen Pflanzenreiche kein Analogon zu haben scheint, wenn man dasselbe nicht nach Unger's Ansicht mit den Lenticellen vergleicht, und welches unter der Form von elliptischen oder rundlichen Gruben von 2—4‴ Länge, die mit einem rostfarbenen Pulver gefüllt sind, erscheint. An den jungen Theilen des Stamms von *Alsophila nigra* waren diese Gruben noch nicht vorhanden, sondern von einer dünnen, unregelmässig zerreissenden Membran, welche mit der Epidermis der benachbarten Theile in unmittelbarem Zusammenhange steht, bedeckt.

Der untere Theil des Stammes wird bei einigen Arten, z. B. bei *Alsophila Schanschin, Sternbergii, Polypodium armatum,* bei einer von Decandolle abgebildeten Art (Organogr. Tab. 24) von einem mehr als zolldicken Filze von Luftwurzeln bedeckt. Einzelne Luftwurzeln brechen auch bei manchen andern Arten, z. B. *Alsophila phalerata, nigra, Cyathea Delgadii* da und dort am Stamme hervor. Einzelne Arten, z. B. *Cyathea Delgadii* tragen auch unregelmässig zerstreute, spitzige Dornen.

Sämmtliche von mir untersuchten Stämme zeigten einen sehr übereinstimmenden innern Bau.

Auf dem Querschnitte des Stamms kann man drei verschiedene Substanzen unterscheiden. Den Umkreis bildet eine 1—2‴ dicke, meist sehr harte, braune Schichte, welche man mit der Rinde der höhern Pflanzen vergleichen kann.

Der ganze von der Rinde umschlossene Raum wird von einem, im getrockneten Stamme braunen Parenchyme ausgefüllt, welches meistens in Folge der Vertrocknung unregelmässig zerrissen ist.

In geringer Entfernung von der Rinde liegt ein einfacher Kreis von gelblichen Gefässbündeln, welche

auf den ersten Anblick eine sehr unregelmässige Form zu haben scheinen und von welchen jeder von einer harten, etwa 1 ''' dicken, braunen Scheide umgeben ist.

Die Rinde besteht bei den meisten Arten aus zwei, allmählig in einander übergehenden Schichten, von welchen die äussere aus polyedrischen, parenchymatosen, die innere aus verlängerten, prosenchymatosen Zellen besteht. Die Wandungen beider, besonders der inneren Schichte sind braun, dick, getüpfelt, deutlich aus einer Anzahl übereinanderliegender Membranen zusammengesetzt und bei vielen Arten, besonders bei *Alsophila nigra* von sehr bedeutender Härte.

An den Stellen, an welchen sich die oben beschriebenen, mit einem rostfarbenen Pulver gefüllten Gruben finden, ist die Rinde vollkommen durchbrochen. Diese Oeffnung ist von einem parenchymatosen Zellgewebe ausgefüllt, welches nach innen eine über die Rinde hervorragende und über den Rand der Oeffnung übergreifende Protuberanz bildet, nach aussen dagegen mehr und mehr durch Vergrösserung der Intercellulargänge sich auflockert, so dass die äusseren Zellen sich nur mittelst weniger, nach Art von Fortsätzen hervorgezogener Puncte sich berühren und leicht auseinanderfallen. Martius sprach früher (Denkschriften der botan. Gesellsch. in Regensburg. II. 125) die Vermuthung aus, dass diese Organe als die männlichen Organe zu betrachten seien.

Die Holzbündel liegen nicht unmittelbar unter der beschriebenen Rinde, sondern sind durch eine dünne (1—2 ''' dicke) Schichte parenchymatosen Zellgewebes von derselben getrennt.

Die Gefässbündel scheinen, wenn man den Querschnitt des Stamms untersucht, eine sehr unregelmässige Form und Grösse zu besitzen, indem sie meistens unter der Form von schmäleren oder breiteren Halbmonden oder auch doppelt gebogenen Platten, deren Enden nach aussen gekrümmt sind, erscheinen. Diese Unregelmässigkeit ist jedoch nur scheinbar, denn wenn man an einem Stamme die Rinde und das Zellgewebe bis auf die Gefässbündel wegpräparirt, so erkennt man, dass unter der Rinde ein vollkommen geschlossener 1—2 ''' dicker Holzcylinder liegt, welcher an der Stelle, die dem oberen Theile eines Blattkissens und dem unteren Theile einer Blattnarbe entspricht, eine schmale Längenspalte besitzt, deren Ränder nach auswärts umgebogen sind und durch welche das zwischen dem Holze und der Rinde gelegene Zellgewebe mit dem Marke in Verbindung steht. Da nun die Blätter einander sehr genähert stehen, so werden auf jedem Querschnitte durch den Stamm mehrere dieser Spalten durchschnitten, es scheint desshalb das Holz aus mehreren getrennten Bündeln von der Form eines Halbmondes mit nach aussen gewendeten Enden zu bestehen. An den Stellen, an welchen ein solcher Querschnitt den Holzcylinder gerade über oder unter einer Längenspalte trifft, glaubt man einen sehr breiten Gefässbündel zu treffen, während an solchen Stellen, an welchen der Schnitt den Holzcylinder zwischen zwei einander nahe gelegenen Blättern trifft, der Holzbündel um das doppelte oder dreifache schmäler erscheint. Diese Verhältnisse sind bei Stämmen mit zerstreuten Blättern leichter zu erkennen, als bei den Arten mit enge gedrängten, quirlförmigen Blättern, wie bei *Chnoophora excelsa* und *Didymochlaena*. Indem bei diesen eine jede Spalte ebenfalls dem unteren Theil der Blattnarbe und dem oberen des Blattkissens entspricht, stosst dieselbe bei der unmittelbaren Aufeinanderfolge der Blattquirle beinahe mit der über und unter ihr stehenden Spalte zusammen. Da nun in jedem Quirle acht Blätter

stehen und die Blätter der aufeinanderfolgenden Quirle alterniren, so stehen die Blätter in 16 Längenzeilen, es finden sich folglich auch im Holzcylinder 16 Längenspalten, von denen in jedem Blattquirle 8 geöffnet und die 8 alternirenden geschlossen sind. Die zwischen den Spalten liegenden Abtheilungen des Holzcylinders sind mit den Rändern auswärts und in der Mitte in einen nach innen zu vorspringenden Winkel eingebogen, so dass sie auf dem Querschnitte die Form eines V haben. Geht der Querschnitt durch eine Stelle des Stammes, an welcher 8 Spalten geschlossen sind, so sieht man je zwei dieser Gefässbündel unter der Form eines W zusammenhängen, geht er unter oder über diesen Verbindungsstellen weg, so glaubt man 16 getrennte V förmige Gefässbündel zu sehen.

Die Gefässbündel, welche in die Blätter eintreten, entspringen aus den auswärts gebogenen Rändern, welche die Spalten des Holzkörpers begränzen; sie sind im Verhältnisse zu dem Holzcylinder klein und laufen eine Strecke weit zwischen ihm und der Rinde in die Höhe, ehe sie in ein Blatt austreten. Desshalb findet man an dieser Stelle auf dem Querschnitte immer die Durchschnittspunkte von einer Anzahl kleinerer Gefässbündel, welche zu der scheinbaren Unregelmässigkeit der Vertheilung der Gefässbündel im Stamme nicht wenig beitragen.

Die Gefässbündel besitzen eine gelbliche Farbe und grosse Weichheit. Ein jeder derselben ist zunächst von einer dünnen Schichte von Zellgewebe, welches in seiner Beschaffenheit mit dem Zellgewebe des übrigen Stamms übereinstimmt, umgeben und ausserhalb dieser Schichte von einer den Gefässbündel auf allen Seiten einschliessenden, dunkelbraunen, sehr harten Scheide von prosenchymatosen Zellen. Die Gründe, welche mich bewegen, diese harte Scheide nach dem Vorgange von Link nicht zu dem Holze der Pflanze zu rechnen, werden weiter unten auseinandergesetzt werden.

Die Substanz der Gefässbündel ist vollkommen gleichförmig, ohne Spur von Jahrringen u. dgl. Sie besteht dem grössten Theile nach aus grossen, im Mittel $^1/_{20}$''' im Durchmesser haltenden Gefässen, welche durch gegenseitigen Druck die Form von 5—7eckigen Säulen angenommen haben. Zwischen diesen Gefässen liegen einzelne, unregelmässige Parthien von weit kleineren, parenchymatosen Zellen, welche besonders gegen den innern und äussern Rand des Gefässbündels häufiger werden und nach aussen in eine den Gefässbündel umschliessende Schichte übergehen. Die Gefässe sind durchaus Treppengänge; ihre Wandungen sind, so weit sie an ein anderes Gefäss angrenzen, mit horizontalen streifenförmigen Tüpfeln von der Breite der Wandung des anliegenden Gefässes besetzt, besitzen also die eigentliche Form eines Treppenganges, so weit sie dagegen an Zellen angrenzen, sind sie mit kurzen Tüpfeln besetzt, welche sich in ihrer Breite immer nach der Grösse der angrenzenden Zelle richten und häufig nicht ganz regelmässig vertheilt sind; die Gefässwandung erhält dadurch ein punctirtes Aussehen und es passt eher der Ausdruck des netzförmigen Gefässes als des Treppenganges zu ihrer Bezeichnung [1]). Bei der bedeutenden Grösse dieser Gefässe kann man sich

1) Eine bedeutende Eigenthümlichkeit dieser Gefässe scheint darin zu liegen, dass sich die Gefässschläuche niemals frei in einander zu öffnen, sondern nach Art von prosenchymatosen Zellen zugespitzte Enden zu besitzen scheinen, wenigstens ist mir bei meinen vielfachen Untersuchungen derselben niemals der erste Fall vorgekommen. Es würden diesem zu Folge diese Gefässe und ebenso die der Lycopodiumarten eine

leicht von der Anwesenheit einer äusseren, die Fasern einschliessenden Haut, so wie von dem Umstande, dass die Fasern nicht hohl sind, überzeugen.

Die oben beschriebene braune, harte Scheide, welche jeden Gefässbündel einhüllt, besteht aus dickwandigen, getüpfelten, prosenchymatosen Zellen. Jeder in das Blatt austretende Gefässbündel wird von einer Fortsetzung dieser Scheide umkleidet.

Das allgemeine Zellgewebe des Stammes, welches den Raum zwischen der Rinde und dem Holzcylinder, den Raum zwischen der Scheide des Holzcylinders und dem letzteren selbst und den vom Holzcylinder umschlossenen centralen Theil des Stammes ausfüllt, besteht aus dünnwandigen, parenchymatosen Zellen, welche den Markzellen der Dicotylen gleichen. Zwischen denselben zerstreut liegen einzelne, oder in Längenreihen geordnete grössere eiförmige Zellen, welche einen rothbraunen harzartigen Stoff enthalten, der auch sonst in einzelnen Parthien des Markzellgewebes vorkommt.

Ich habe oben die Stellung der Gefässbündel in der Blattnarbe angegeben. Alle im Umkreise derselben und in den zwei von jeder Seite her gegen die Mitte zulaufenden convergirenden Reihen liegende Gefässbündel stammen aus den Rändern der im Holzcylinder liegenden Spalten. die in der Mitte der Blattnarbe in einem isolirten Haufen liegenden Gefässbündel dagegen haben einen gänzlich verschiedenen Ursprung. Es finden sich nämlich im ganzen Marke ohne Ordnung zerstreut viele feine Bündel von Treppengängen, welche aufwärts laufen und durch die Spalten des Holzkörpers in die Mitte der Blattnarbe auswärts treten. Auch diese Gefässbündel besitzen eine Scheide von dickwandigen Prosenchymzellen, welche anfänglich isolirte, dünne, im Marke verlaufende Bündel bilden und sich an die Gefässbündel vor ihrem Austritte durch die Spalten anschliessen und um dieselben eine Scheide bilden. Den Ursprung dieser Gefässbündel zu verfolgen erlaubte mir das von mir untersuchte Material nicht.

Die Luftwurzeln lassen sich mit ihrem oberen Ende bis zum Holzcylinder verfolgen, mit dessen Gefässen ihre Gefässe zusammentreffen und von dessen Scheide ihr Gefässbündel einen Ueberzug erhält.

Vergleichen wir die Organisation des Stammes der Baumfarne mit der anderer Pflanzen, so könnte man wegen ihres geschlossenen Cylinders zunächst an eine Vergleichung mit den Dicotylen denken. Dagegen sprechen aber mehrere Umstände. Der Holzcylinder der Dicotylen besteht immer aus einer Verbindung von netzartig anastomosirenden Gefässbündeln, während der der Baumfarne mit Ausnahme der beschriebenen Spalten vollkommen geschlossen ist. Eine Vergleichung dieser Spalten mit den Markstrahlen erscheint nicht passend, weil diese Spalten in einer unmittelbaren Beziehung zu den Blättern stehen, während bei den Dicotylen die meisten Markstrahlen an solchen Stellen liegen, an welchen keine Blätter sitzen. Es erhellt also hieraus, dass der Holzcylinder der Baumfarne vollständiger geschlossen ist, als der der dicotylen Bäume [1].

Mittelbildung zwischen Gefässen und Prosenchymzellen darstellen, auf analoge Weise wie die Elementarorgane des Holzes der Coniferen und Cycadeen, jedoch mit weit grösserer Annäherung an die Bildung der Gefässe, als es bei den Coniferen der Fall ist.

1) Ich wollte diese Stelle nicht umändern, da mehrere Phytotomen auf dieselbe Rücksicht genommen hatten, von denen manche mir zum Vorwurfe machten, dass ich überhaupt an eine Vergleichung des Baues der

Völlig unpassend erscheint dagegen eine solche Vergleichung, wenn wir den Bau des Holzes betrachten. Bei den Dicotylen besteht jeder Gefässbündel aus einer Sammlung von Spiralgefässen, Treppengängen und porösen Gefässen, welche in eine Masse von langgestreckten Zellen eingesenkt sind. Diese Zellen haben nur im innersten Theile des Gefässbündels die Form von Parenchymzellen, im ganzen übrigen Theile dagegen die Form von dickwandigen Prosenchymzellen. Auf der äussern Seite findet sich endlich ein Bündel von Baströhren. Der Gefässbündel der Baumfarne ist hievon gänzlich verschieden, seine Gefässe haben alle die Form von Treppengängen, sie bilden beinahe allein die ganze Masse des Holzes, die wenigen zwischen und im Umkreise derselben liegenden Zellen sind dünnwandige Parenchymzellen und von Bast findet sich keine Spur. Beinahe der bedeutendste Unterschied liegt aber darin, dass dem Gefässbündel der Baumfarne das Vermögen, auf seiner äussern Seite neue Schichten zu bilden und in die Dicke zu wachsen, abgeht.

Vergleichen wir nach dem Vorgange der bisherigen Schriftsteller die Baumfarne mit den Monocotylen, so liegt beinahe die ganze Aehnlichkeit im äussern Habitus. Schon die Anordnung und der Verlauf ihrer Gefässbündel beweist hinlänglich die Verschiedenheit ihrer Organisation. Noch deutlicher spricht sich diese in dem verschiedenen Baue ihrer Gefässbündel aus, denn der Gefässbündel der Monocotylen besteht aus einem Holzbündel von ähnlichem Baue, wie die Corona der Dicotylen, aus einem Bündel eigener Gefässe und aus einem Bastbündel. Die Aehnlichkeit zwischen den Baumfarnen und den Monocotylen ist daher eine äusserst entfernte.

Es würde somit die Organisation der Baumfarne ganz isolirt stehen, wenn nicht die übrigen Farne einen Uebergang zu der Organisation der übrigen Gefässcryptogamen und gewissermassen auch die Cycadeen einen Uebergang zu den Phanerogamen darbieten würden.

Der Cycadeenstamm ist nicht nur in seinem Aeussern dem Farnstamme ähnlich, sondern sein innerer Bau zeigt darin eine Annäherung, dass sein Holz einen schmalen Cylinder, welcher ein weites Mark einschliesst, bildet und dass dieses Holz blos aus Gefässen besteht. Dagegen besitzt dieses Holz eine dicke Bastschichte und ist von vielen Markstrahlen durchsetzt und zeigt ein Wachsthum in die Dicke. Man könnte als fernere Aehnlichkeit anführen, dass im Marke von *Zamia integrifolia* auf ähnliche Weise, wie im Farn-

Baumfarne mit den Dicotylen denken könne, von einem Holzcylinder bei den ersteren spreche u. dgl. Ich glaube im Gegentheile, dass ich in Beziehung auf den *Verlauf* der Gefässbündel die Analogie nicht bestimmt genug hervorgehoben habe. Wir dürfen bei einer solchen Vergleichung den Stamm der Dicotylen freilich nicht im ausgebildeten Zustande ins Auge fassen, sondern im jugendlichsten Alter, so lange seine Gefässbündel noch nicht weiter, als zur Entwicklung des das Mark unmittelbar begrenzenden Theiles vorgeschritten sind. In dieser Periode bilden sie bei manchen Dicotylen, z. B. bei den Balsaminen, ein über den Stamm verbreitetes höchst regelmässiges Netz mit grossen Maschen, die Verbindungspuncte der Gefässbündel dieses Netzes liegen nur an der Basis der Blätter, aus diesen Verbindungspuncten lauft eine bestimmte Anzahl von Gefässbündeln aus, von welchen sich ein Theil in das Blatt begiebt, der andere Theil am Stamme weiter aufwärts fortsetzt, um in das Geflechte einzutreten, welches an der Basis höher oben gelegener Blätter liegt. In diesem *Verlaufe* der Gefässbündel spricht sich die vollkommenste Aehnlichkeit mit dem Verhältnisse aus, welches wir in den Stämmen vieler Gefässcryptogamen, namentlich der Equisetaceen und vieler krautartiger Farne finden.

stamme, zerstreute kleine Gefässbündel vorkommen; dass jedoch diese Gefässbündel für die Lebensökonomie dieser Gewächse nicht von bedeutender Wichtigkeit sind, scheint daraus zu erhellen, dass dieselben in dem Stamme von *Cycas revoluta* völlig fehlen [1]. Da nun der Bau der Cycadeen mit dem der Coniferen grosse Aehnlichkeit hat, so erscheint der Cycadeenstamm als Uebergangsbildung zwischen den Baumfarnen und den Dicotylen.

Gehen wir zur Vergleichung des Stammes der Baumfarne mit dem der krautartigen Farne über, so finden wir in Beziehung auf das wichtigste Verhältniss, den Verlauf und Bau der Gefässbündel, eine grosse Aehnlichkeit, jedoch mit manchen, im Zusammenhange mit der äussern Form des Stammes stehenden Modificationen. In Beziehung auf seine Form schliesst sich der von Kaulfuss rosenförmig genannte Stamm von *Aspidium Filix mas, Struthiopteris germanica* unmittelbar an den baumförmigen Farnstamm an, er unterscheidet sich, abgesehen von seiner Grösse und krautartigen Weichheit, von dem letzteren hauptsächlich durch die im Verhältniss zu der Dicke der Blattstiele geringe Masse seiner Achse. Von diesem rosenförmigen Stamme lassen sich die verschiedensten Uebergänge durch Auseinanderrückung der Blätter zu den kriechenden Stämmen vieler Polypodien, bis zu denen der Hymenophylleen und Gleicheniaceen finden.

Die Gefässbündel der Mehrzahl der krautartigen Farne liegen in einem einfachen Kreise, nur bei manchen dünnen, sehr in die Länge gezogenen Stämmen, z. B. bei denen von *Hymenophyllum* und *Trichomanes, Gleichenia* sind die Gefässe alle in einen centralen Bündel vereinigt.

Die in einem Kreise stehenden Gefässbündel verlaufen ebensowenig, als bei den Baumfarnen isolirt, sondern sind unter einander seitlich unter der Form eines Netzes verwachsen. Bei den Arten, bei welchen die Blätter in weiten Abständen von einander stehen wie bei *Polypodium aureum*, lässt sich in der Verzweigung dieses Netzes gar keine bestimmte Regelmässigkeit erkennen, bei den Arten mit gedrängt stehenden Blättern dagegen z. B. bei *Aspidium Filix mas, Filix femina, Struthiopteris germanica,* findet in Beziehung auf die Anzahl der Gefässbündel und ihren Verlauf die grösste Regelmässigkeit statt, indem von der Basis eines jeden Blattes zwei Gefässbündel aufwärts zur Basis der zwei nächsten höher oben liegenden Blätter, und zwei Gefässbündeln abwärts zur Basis der zwei nächsten tiefer stehenden Blätter verlaufen. Hiedurch wird ein Netz von Gefässbündeln gebildet, welches ebensoviele Maschen besitzt, als Blätter vorhanden sind.

Als das Verbindungsglied zwischen diesem aus netzförmig verbundenen Gefässbündeln bestehenden Holzcylinder zu dem centralen Gefässbündel kann man die von Rob. Brown zuerst aufgefundene, seltene Form eines vollkommen geschlossenen Holzcylinders betrachten, wie er bei *Dipteris, Platyzoma* und *Aneimia* vorkommt (R. Brown in Horsfield, plant. javanic. p. 2).

Untersucht man die Stelle, an welcher die Gefässbündel aus dem Stamme in das Blatt übertreten, so findet man niemals, wie bei den Monocotylen und vielen Dicotylen einen ganzen Gefässbündel sich auswärts

1) Ganz dasselbe Verhältniss kommt auch im Stamme der Cacteen vor, in deren Marke solche kleine Gefässbündel bald vorkommen (z. B. bei den Mamillarien), bald fehlen.

biegen, um ins Blatt einzutreten, sondern es laufen die Gefässbündel am Stamme weiter und schicken blos kleine Aeste in die Blätter ab.

Auf dem Querschnitte zeigen die Gefässbündel eine runde oder eine in die Breite gezogene elliptische Form. Das Vermögen, mit dem höheren Alter der Pflanze in die Dicke zu wachsen, fehlt ihnen ebenso, wie den Gefässbündeln der Baumfarne. Der Bau derselben ist der gleiche, wie bei den Baumfarnen, nur sind die Zellen, welche zwischen den Gefässen liegen und den äussern Theil des Bündels bilden, mehr in die Länge gestreckt.

Der zellige Theil des krautartigen Farnstammes zeigt weit mehr Modificationen, als seine Gefässbündel, ohne dass aber dadurch wichtige Unterschiede begründet würden. Bei manchen Arten, z. B. bei *Polypodium aureum, latipes, vulgare, Aspidium Filix mas* besteht der ganze Stamm aus dünnwandigen Zellen und ist desshalb krautartig weich und brüchig, während dagegen bei vielen andern Arten, besonders bei solchen mit kriechenden Stämmen z. B. bei *Gleichenia, Pteris* einzelne Schichten in Folge einer Verdickung ihrer Zellmembranen eine bedeutende Festigkeit erhalten. Die Zellen zeigen in Beziehung auf ihre Form im allgemeinen ein Schwanken zwischen der Gestalt der Prosenchymzellen und Parenchymzellen, am gewöhnlichsten sind die im Innern gelegenen Zellen Parenchymzellen, welche je weiter sie nach aussen liegen, desto mehr in die Form von Prosenchymzellen übergehen, doch kann auch das umgekehrte Verhältniss stattfinden wie bei *Polypodium aureum,* in andern Fällen besitzen alle Zellen die Form von Parenchymzellen z. B. *Polypodium latipes,* oder alle die Form von Prosenchymzellen z. B. *Polypodium incanum,* oder es sind einzelne fest begrenzte Schichten dickwandig, braun und aus harten Prosenchymzellen gebildet, während die übrigen Zellen dünnwandige Parenchymzellen sind; diese harte Schichten haben in ihrer Lage entweder keine bestimmte Beziehung zu den Gefässbündeln, wie bei vielen *Pteris,* oder sie bilden um jeden Gefässbündel eine Scheide, wie bei *Polypodium vaccinifolium.* Dieses letztere Verhältniss ist genau dasselbe, wie es bei den Baumfarnen vorkommt. Da nun die krautartigen Farnstämme zeigen, dass diese harten Schichten sich an den verschiedensten Stellen des Stamms ausbilden können und dass sie in keiner festen Beziehung zu den Gefässbündeln stehen, so dürfen wir auch bei den Baumfarnen die feste, holzige Scheide, ungeachtet sie immer die Gefässbündel begleitet, nicht als einen Theil des Holzes dieser Pflanzen, sondern müssen sie als eine Modification des Zellgewebes des Stamms betrachten. Wir sind bei den Phanerogamen gewöhnt, feste, prosenchymatose Zellen nur in den Gefässbündeln zu treffen und lassen uns desshalb nur zu gerne verleiten, jeden aus verlängerten Zellen gebildeten Theil als Holz oder Bast zu betrachten. Es ist dieses um so unrichtiger, da auch bei den Phanerogamen einzelne Schichten des allgemeinen Zellgewebes des Stammes dadurch, dass ihre Zellen sich verlängern und dicke Wandungen erhalten, eine bedeutende Festigkeit erhalten und scheinbar als ein eigenthümliches Organ auftreten können. Dieses findet z. B. bei *Ruscus, Asparagus, Basella* statt, wo das unter der Rinde liegende Zellgewebe diese Umwandlung erleidet und von Link auf eine ganz irrige Weise für Bast erklärt wurde, während doch jeder Gefässbündel dieser Gewächse seinen eigenen Bastbündel besitzt.

Mit diesen prosenchymatosen Schichten ist die braune Haut, welche die Gefässbündel vieler krautartiger Farne einschliesst, nicht zu verwechseln. Sie ist durchaus keine allgemeine Bildung; so fand ich sie z. B. bei

Polypodium incanum, calcareum, aureum, Filix mas, fragile, Struthiopteris germanica, Asplenium rigidum, trichomanoides, Neuronia asplenioides nicht; während sie bei *Polypodium vulgare, nitidum, latipes, Niphobolus glaber* u. a. vorkommt. In den meisten Fällen ist diese Haut nicht aus einer ganzen Zellenschichte, sondern durch Verdickung der gegen den Gefässbündel gewendeten Wandung der den Gefässbündel unmittelbar begrenzenden Zellschichte gebildet. Diese Wandung ist durch Ablagerung secundärer Schichten sehr verdickt, zugleich ist die Substanz desselben von der der übrigen Zellwandung verschieden, indem sie dunkelbraun und weit fester ist und der Einwirkung der Schwefelsäure hartnäckig widersteht. In andern Fällen erleiden eine oder zwei Zellenreihen diese Umwandlung, wo dann die Haut natürlich dicker ist. Uebrigens ist auf die Anwesenheit oder Abwesenheit derselben kein grosses Gewicht zu legen, denn sie fehlt häufig im Stamme, während sie in den Blattstielen sich findet.

Einen ganz analogen Bau, wie bei den krautartigen Farnen, finden wir im Stamme von *Marsilea* und *Pilularia*. Die Gefässe sind hier in einen centralen Bündel vereinigt, welcher ein kleines Mark einschliesst. Der äussere Theil des Stamms ist parenchymatos und enthält bei *Marsilea quadrifolia* (aber nicht bei *M. crenata*) und bei *Pilularia* grosse Luftcanäle.

Eine sehr ähnliche Structur besitzt auch der Stamm der *Lycopodien*, indem ihre Gefässe ebenfalls in einen centralen Bündel vereinigt sind, welcher im Wesentlichen denselben Bau, wie die Gefässbündel der Farne besitzt. Die Anordnung der Gefässe in diesem Bündel, welche in eine Anzahl von unregelmässigen, durch verlängerte, dünnwandige Zellen von einander geschiedenen Platten vertheilt sind, zeigt das Bestreben an mehrere gesonderte Gefässbündel zu bilden, was auch bei *Lycopodium denticulatum* nach der Entdeckung von Kaulfuss so weit geschehen ist, dass in jeder Abtheilung des Stamms zwei Gefässbündel neben einander verlaufen, welche bei jeder Theilung des Stamms wieder zusammenfliessen. Das Zellgewebe besteht bald, wie bei *Lycopodium annotinum* aus dickwandigen Prosenchymzellen, bald wie bei *L. clavatum* aus drei, allmählig in einander übergehenden Schichten, von welchen die äusserste und innerste aus dickwandigen Prosenchymzellen, die mittlere aus weiten, dünnwandigen Zellen besteht. Bei *Psilotum triquetrum* sind die Gefässe ebenfalls in einen Bündel vereinigt, welcher aber in seiner Mitte ein Mark einschliesst.

Kehren wir nach dieser Auseinandersetzung der anatomischen Verhältnisse der krautartigen Farne und der verwandten Familien zur Vergleichung des Stammes der Baumfarne mit dem Stamme der krautartigen Farne zurück, so treffen wir in Beziehung auf den Bau ihrer Gefässbündel eine vollständige Uebereinstimmung und in Beziehung auf den Verlauf derselben eine vollständige Analogie. Während bei den Baumfarnen das Holz einen vollständig geschlossenen Cylinder bildet, welcher an der Basis eines jeden Blattes eine Längenspalte besitzt, aus deren Rändern verhältnissmässig dünne Gefässbündel in die Blätter austreten, während die Hauptmasse des Holzes, welches diese Aeste lieferte, sich nach oben zu am Stamme fortsetzt, sehen wir bei den meisten krautartigen Farnen die Gefässbündel in einen analogen einfachen Cylinder geordnet, wir finden zwar dieselben nicht so in die Breite ausgedehnt, dass sie eine zusammenhängende Holzschichte über den Stamm bilden, wohl aber sehen wir eine Annäherung hiezu in der in die Breite gezogenen Form der einzelnen Gefässbündel und in dem Umstande, dass aus dem Netze dieser Gefässbündel blos einzelne Aestchen an die

Blätter abgeschickt werden, während die Gefässbündel selbst ihren Weg am Stamme aufwärts fortsetzen. Von diesem Verhältnisse bilden die seltenen Fälle, in welchen der Cylinder vollkommen geschlossen ist, und die wieder häufiger vorkommende Form, bei welcher sämmtliche Gefässe in einen centralen Bündel vereinigt sind, nur leichte Modificationen.

Vorzugsweise stimmt aber der Stamm der Baumfarne mit dem der krautartigen Farnen in der ganzen Art seines Wachsthums überein, dessen Eigenthümlichkeit darin besteht, dass es auf eine blose Verlängerung des Stammes an seiner Spitze eingeschränkt ist, und dass die Gefässbündel, welche die oberen Blätter versehen, nur eine Fortsetzung von denjenigen sind, welche die unteren Blätter versehen haben. Es werden bei diesen Pflanzen die oberen Blätter nicht wie bei den Monocotylen von eigenen Gefässbündeln, die einen besondern, von den Gefässbündeln der älteren Blätter isolirten Verlauf haben, versehen und ebensowenig zeigen ihre Gefässbündel auf ihrer äussern Seite eine mit dem zunehmenden Alter eintretende Auflagerung von neuen Schichten, wie dieses bei den Dicotyledonen stattfindet, sondern der einmal gebildete Theil derselben erleidet keine weitern Veränderungen mehr und dient nur zur Zuleitung von Säften zu den oberen Theilen des Stammes.

Es erhellt also, dass das Wachsthum der Gefässpflanzen nicht, wie man seit Desfontaine's Arbeiten annahm, ein gedoppeltes ist (Wachsthum der Monocotylen und der Dicotylen), sondern dass noch eine dritte Wachsthumsweise, die der Acotyledonen vorkommt, welche ich mit dem Ausdrucke der *Vegetatio terminalis* bezeichne, weil ihr characteristisches Merkmal darin besteht, dass nur die Spitze des Stamms fortwächst, während der ganze untere Theil desselben auf demselben Grade der Ausbildung verharrt und nur zur Zuleitung von Säften dient.

Diese *Vegetatio terminalis* findet sich aber nicht nur bei den Farnen, sondern wir treffen sie auch bei den *Lycopodineen, Marsileaceen, Equisetaceen* und bei den *Moosen,* kurz bei allen Cryptogamen, bei welchen sich ein vom Blatte unterschiedener Stamm findet.

Nachschrift.

Die voranstehende Darstellung des Farnstamms gründet sich auf Untersuchungen, welche ich in den Jahren 1828 und 1829 machte; seit dem Erscheinen meines Aufsatzes wurde derselbe Gegenstand noch von einigen andern Botanikern bearbeitet, es mag daher eine kurze Betrachtung der Ergebnisse dieser Untersuchungen und der aus denselben hervorgegangenen Einwendungen gegen meine Darstellung nicht am unrechten Orte sein.

In die Zeit zwischen die Abfassung und den erst einige Jahre später vorgenommenen Druck meines Aufsatzes fällt die Herausgabe des Heftes der végétaux fossiles, in welchem Ad. Brongniart den Bau der Farne behandelt. Vom innern Baue ihres Stammes giebt er nur eine flüchtige Darstellung, dagegen macht er (p. 156) auf ein höchst merkwürdiges Verhältniss aufmerksam, nämlich darauf, dass bei den Baumfarnen aus der Vergleichung der Grösse, Form und Entfernung der Blattnarben am oberen und unteren Ende desselben Stammes hervorgehe, dass ein jeder Theil des Stammes lange Zeit nach seiner ersten Entwicklung, folglich noch

in bereits verholztem Zustande, fortfahre in die Länge zu wachsen. Auf eine ähnliche Erscheinung an den Zweigen mancher Coniferen (*Juniperus, Thuja*), welche noch im zweiten Jahre sich verlängern, machte mich mein verehrter Freund Zuccarini aufmerksam.

Im Jahre 1836 erschien Link's, zwei Jahre vorher der berliner Academie vorgetragene Abhandlung über den Bau des Farnstammes (Abh. d. Acad. d. Wissensch. zu Berlin. 1836. 375), in welcher nach der äussern Form fünferlei Stämme unterschieden werden. Der Verfasser glaubt, wenn ich den wahren, stengelartigen Stamm, wie er z. B. bei *Polypodium aureum* vorkomme, untersucht hätte, so hätte ich mich nicht gegen die Vergleichung des Farnstammes mit dem Monocotylenstamme ausgesprochen. Ich glaube, mein Aufsatz liefert den Beweis, dass ich nicht so ganz unbekannt als Link glaubte mit diesen Stämmen war und ich glaube auch, dass das was ich über den Verlauf und den Bau der Gefässbündel dieser Stämme anführte, mich hinreichend berechtigte, ihnen keine Aehnlichkeit mit dem Monocotylenstamme zuzuschreiben, und ebensowenig ist mir aus Link's Abhandlung klar geworden, worin denn eigentlich diese Aehnlichkeit liegen soll. Den Stamm der Baumfarne hält Link gar nicht für einen wahren Stamm, sondern glaubt, er entstehe durch Verwachsung der Wedelstiele, welche hier eine grössere Strecke weit in inniger Verbindung bleiben als bei andern Farnen z. B. bei *Aspidium Filix mas*, welchen Link einen knollenförmigen Stamm zuschreibt. Diese Vorstellung, dass der Stamm aus einer Verwachsung von Blattstielen hervorgehe, wurde von andern Botanikern auch von andern Pflanzen geäussert. Mir ist nie klar geworden, wie sich die Vertheidiger dieser Ansicht die Sache eigentlich vorstellen und wie sie überhaupt möglich ist. Man sollte denken, dass die Blätter einen bestimmten Ursprung hätten, dass ein Stamm vorhanden sei, auf dem sie inserirt sind und wenn ein solcher Stamm vorhanden ist, so sollte man ihn auffinden, ihn von den verwachsenen Blattstielen unterscheiden können, es müssten solche Pflanzen einen wahren Stamm und darüber einen scheinbaren, aus verwachsenen Blattstielen bestehenden haben. Eine Pflanze der Art hat aber noch Niemand gesehen. Wenn der Stamm, welcher die Blätter trägt, aus einer Verwachsung von diesen hervorgehen soll, so müssten diese offenbar vor ihm vorhanden sein, das hat auch noch Niemand gesehen und ist überhaupt nicht möglich. Man müsste also annehmen, diese Pflanzen hätten gar keinen Stamm, und es wachse ein Blatt aus dem andern heraus. Was soll aber damit gewonnen sein? Das Ganze ist eine Hypothese ohne alle Basis, welche auch nicht ein einziges Factum erläutert, daher gänzlich überflüssig und den Resultaten, welche die Untersuchung einer Knospe liefert, direct entgegen ist.

Meyen (Phys. I. 415 u. flg.) kommt, nachdem er eine Beschreibung des Farnstamms gegeben hat, auf die *Vegetatio terminalis* zu sprechen, giebt dieselbe zwar zu, fährt aber dessenunerachtet folgendermassen fort: „Ein solches Wachsthum kommt aber auch den Monocotyledonen und Dicotyledonen zu, denn das Wachsthum der Knospe scheint mir mit jenem des Farnstammes übereinzustimmen; dort kommt in Folge der weiteren Entwicklung eine grössere Anzahl von Holzbündeln zum Vorscheine, welche aber nur durch Theilung der ursprünglichen entsteht, während beim Farnstamme eine blose Verästelung der Bündel zur Bildung der Wedel erfolgt. Das Dasein oder das Fehlen der Axillarknospen bedingt oder verhindert das Wachsthum des Stamms in die Breite. Die Terminalknospe begrenzt die *Vegetatio terminalis* eines Dicotyledonen Triebes

und kommt sie in der nächsten Vegetationsperiode zur Entwicklung, so wächst sie ebenso, als die vorhergegangene Knospe, nur noch Wurzeln fassend im Umfange des älteren schon ausgewachsenen Triebes.“ So weit war ich, als ich meinen Aufsatz über den Farnstamm schrieb, glücklicherweise in der Anatomie und Physiologie der Gewächse auch gekommen, dass ich wusste, dass unsere Bäume in die Länge wachsen. Ich glaubte aber auch zu wissen, dass ein aus einer ihrer Knospen sich entwickelnder Trieb nicht ein Jahr lang blos in die Länge wachse und mit dem zweiten Jahre anfange, in die Dicke zu wachsen und dass die Entwicklung seiner Cambiumschichte nicht auf die Entfaltung von Axillarknospen zu warten brauche. Ich fand dagegen bei den Farnen unter keinen Umständen ein Wachsthum in die Dicke, ich fand dass ihre Gefässbündel nicht die Zusammensetzung der Dicotylengefässbündel haben, dass sie für immer in ihrem ursprünglichen Zustande verharren und desshalb stellte ich den Begriff des terminalen Wachsthumes für diese Gewächse auf und glaube auch jetzt noch, dass derselbe weit entfernt ist durch jene Einwendungen von Meyen entkräftet zu sein.

Treviranus kommt in seiner Physiologie an verschiedenen Stellen (I. 185. 558. II. 183) auf den Bau und das Wachsthum des Farnstammes zu sprechen. Er stimmt mit Ausnahme einiger unwesentlicher Puncte z. B. der Frage, ob der Ausdruck der Rinde zur Bezeichnung der äussern Zellschichte passend sei, ob die harte zellige Scheide zum Holze zu rechnen sei, in den Hauptpuncten mit mir überein. In Beziehung auf Einen wesentlichen Punct ist jedoch Treviranus anderer Ansicht als ich, indem er sagt, dass in Uebereinstimmung mit den bekannten Gesetzen der Vegetation angenommen werden müsse, dass der Farnstamm keine neuen Blätter bilden und sich verlängern könne, ohne dass zugleich neue Gefässe in dem alten Theile erzeugt werden (I. 561), eine Ansicht, welche er an einem andern Orte (II. 185) dahin näher erläutert, dass sich die Gefässbündel seitwärts ausdehnen und dadurch jene halbmondförmigen Gestalten annehmen, wodurch sie sich im Stamme der Baumfarne so sehr auszeichnen. Die Ansicht, dass die Gefässbündel keine späteren Veränderungen erleiden, konnte ich leider nicht auf Untersuchung von Stämmen baumartiger Farne von verschiedenem Alter oder von den jüngeren und älteren Theilen desselben Stammes gründen, indem mir das Material hiezu vollkommen abgieng, insoferne ist jene Ansicht allerdings nicht zum sichersten begründet, sie beruht aber dennoch, wie ich glaube, auf einer bestimmten Basis und ich kann nicht zugeben, dass dieselbe durch Aufstellung eines allgemeinen Gesetzes für falsch erklärt werde, dessen Begründung auf Beobachtungen, die an Pflanzen höherer Ordnungen angestellt sind, beruht. Würden die Gefässbündel der Farne ein auf der Entwicklung neuer Elementarorgane beruhendes Wachsthum in die Dicke oder in die Breite haben, so müssten die in der Entwicklung begriffenen Elementarorgane sich von den ältern auf analoge Weise, wie die Cambiumschichte der Dicotylen vom Holze, unterscheiden, denn Treppengänge bilden sich nicht mit einem Schlage. Nun sah ich aber weder in den Baumfarnen, noch in unsern krautartigen Farnen, noch bei den Lycopodien je eine Erscheinung, welche auf eine solche successive Entwicklung ihrer Gefässbündel hinwiess, ich musste daher alle Elementarorgane eines Bündels für gleich alt halten.

Schultz (sur la circulation et sur les vaisseaux laticifères pag. 99) beschäftigte sich ebenfalls mit der Untersuchung des Stamms der Baumfarne, ich hielte es jedoch für Zeitverschwendung, mich lange bei seinen Angaben aufzuhalten, und beschränke mich darauf anzuführen, dass Schultz der Meinung ist, die plattenför-

migen Gefässbündel bleiben für immer getrennt und stehen in keiner Verbindung mit einander, die Zellen, welche den äussern Theil der Gefässbündel bilden, seien Milchsaftgefässe, die harte, prosenchymatose Scheide und die prosenchymatose Rinde seien der Bast dieser Pflanzen.

Schliesslich mache ich noch darauf aufmerksam, dass die Querschnitte, welche von *Sadleria cyatheoides* Kaulf. durch Meyen (über die neuesten Fortschritte d. Anat. u. Phys. d. Gew. Tab. XI. A), von *Angiopteris evecta* und *Danaea* durch Brongniart (Archives du Muséum. T. I. Tab. XXXIII) publicirt wurden, darauf hinweisen, dass es knollenförmig verdickte Farnstämme giebt, auf deren Querschnitte die Gefässbündel eine zerstreute Lage zeigen. So lange jedoch der Verlauf dieser Gefässbündel nicht untersucht ist, lässt sich darüber, ob der Bau dieser Stämme eine wirkliche oder nur scheinbare Ausnahme vom Baue der übrigen Farne bildet, nichts angeben.

X.

Ueber
den Bau des Stammes von Isoëtes lacustris.

(Aus der Linnaea. 1840.)

Als ich im Herbste des Jahres 1839 im Feldsee auf dem Schwarzwalde die für unsere Gegenden so seltene Isoëtes lacustris sammelte, so benutzte ich diese Gelegenheit zu einer genaueren Untersuchung dieser Pflanze, durch welche ich die Resultate vervollständigte, die ich vor einigen Jahren erhalten hatte, als ich durch die Gefälligkeit des Hrn. Prof. Spenner in den Stand gesetzt wurde, eine Anzahl frischer, ebenfalls vom Schwarzwalde stammender Exemplare untersuchen zu können.

Da mir die Untersuchung der Fructificationstheile nichts zeigte, was nicht schon längst bekannt ist, so beschränke ich mich auf die Auseinandersetzung einiger Eigenthümlichkeiten des Stammes, welche mir von allgemeinerem Interesse zu sein scheinen.

Der knollenförmige Stamm von Isoëtes lacustris bietet in Beziehung auf sein oberes, mit Blättern bedecktes Ende nichts Auffallendes dar. Es ist dieses Ende plattgedrückt und in der Mitte, wo die jüngsten Blätter sitzen, ziemlich stark vertieft. Desto auffallender sind die Seitenflächen und das untere Ende des Stammes gebildet. Es verläuft nämlich in queerer Richtung über die untere abgeplattete Stammfläche eine flache, in ihrem tiefsten Theile scharfwinklige Furche, welche sich auf beiden Seiten des Stammes bis gegen die Insertion der Blätter in die Höhe zieht, so dass durch diese zwei an der Basis des Stammes zusammenfliessenden Seitenfurchen der grössere Theil des Stammes gleichsam in zwei, durch eine halbkreisförmige Commissur vereinigte, knollenförmige Massen getheilt wird [1]). Diese beiden Abtheilungen des Stammes

1) Nach den übereinstimmenden Beschreibungen und Abbildungen, welche Delile (Mém. du Museum. T. XIV), Decandolle (Organogr. I. 234. Tab. 56) und Ad. Brongniart (Hist. de végét. foss. T. II. Tab. 6) von der im südlichen Frankreich wachsenden Isoëtes setacea Bosc. geben, sind bei dieser Pflanze constant drei Längenfurchen vorhanden. Da nun eben so constant der Stamm von Isoëtes lacustris (wenigstens von der schwarzwälder Pflanze) nur zwei solcher Furchen zeigt, so scheint dieser Umstand als ein specifischer Character und Isoëtes setacea als eine gute Art betrachtet werden zu müssen, wie denn auch schon Delile jene drei Furchen als characteristisch für Is. setacea angesehen und nur darin Unrecht hatte, dass er der Isoëtes lacustris eine radix plerumque irregularis zuschrieb.

haben eine ziemlich divergirende Richtung, so dass der Stamm im Queerschnitte keine kreisförmige, sondern eine elliptische Gestalt, oder meistens die Form eines in die Länge gezogenen Rechteckes zeigt (Tab. V. fig. 5. fig. 6). Einer der grössten von mir untersuchten Stämme besass z. B. bei einer Höhe von 7 par. Linien, in der Richtung der Furche einen Queerdurchmesser von 7‴, in der entgegengesetzten Richtung von 15‴.

Wegen der Anwesenheit dieser Furche zeigt der Längendurchschnitt des Stammes eine sehr verschiedene Form, je nachdem der Schnitt unter einem rechten Winkel gegen die Furche oder in derselben (in der Commissur) geführt wird. Im ersteren Falle zeigt sich nämlich der Stamm, besonders wenn er noch jung ist (wie in fig. 1), sehr stark von oben nach unten plattgedrückt, sehr breit und auf der oberen und unteren Fläche in der Mitte vertieft (fig. 1—3. fig. 10), im zweiten Falle zeigt sich dagegen der Stamm weit schmaler, es findet sich nur an der Spitze eine Vertiefung, und das untere Ende ist abgerundet (fig. 4. fig. 9).

Die obere (soweit sie nicht mit vegetirenden Blättern bedeckt ist) und die äussere Fläche des Stammes sind mit den verfaulten Rudimenten von Blättern, die in früheren Jahren zur Entwicklung gekommen waren, bedeckt; die Furche zwischen denselben ist dicht mit wenig verästelten Wurzelzasern ausgefüllt. In Beziehung auf die Reihenfolge, in welcher sich diese Zasern entwickeln, findet sich ein sehr merkwürdiger Umstand. Es entwickeln sich nämlich nicht, wie es bei den verkürzten Stämmen anderer Gewächse z. B. den Zwiebeln, der sogenannten radix praemorsa u. s. w., ferner wie es bei den Stämmen aller anderen Cryptogamen und denen der Monocotylen allgemeine Regel ist, die Zasern in aufsteigender Ordnung, so dass die am untersten Theile des Stammes sitzenden Zasern die ältesten sind, und immer höher oben neue entstehen, sondern es brechen bei Isoëtes die neuen Wurzelzasern längs der ganzen oben beschriebenen Furche (welche sich, je älter die Pflanze wird, immer weiter öffnet) in ihrem tiefsten Theile hervor. Die jungen Wurzeln stehen daher nicht, wie bei andern verkürzten Stämmen, in einem rings um den Stamm laufenden, mit seiner Längenachse sich rechtwinklig kreuzenden Kreise, sondern in einem Halbmonde, dessen Convexität nach unten gerichtet ist und über die Basis des Stammes wegläuft, und dessen Hörner an den Seiten des Stammes bis gegen den Insertionspunct der vegetirenden Blätter hinauflaufen. Die älteren Wurzelzasern werden, wie sich neue entwickeln, nach aussen, gegen die Ränder der sich weiter öffnenden Spalte hingedrängt. Decandolle unterscheidet a. a. O. zwischen primitiven Wurzeln, welche am untern Theile des Stammes sitzen, und zwischen Adventivwurzeln, welche aus den Seitenfurchen hervorkommen; eine Unterscheidung, zu welcher nicht der mindeste Grund vorhanden ist.

Eine fernere Eigenthümlichkeit des Stammes von Isoëtes lacustris und, der Beschreibung von Delile zu Folge, auch von Is. setacea, durch welche er sich vor den Stämmen aller anderen Cryptogamen auszeichnet, besteht darin, dass seine äusseren Schichten absterben, und durch neue Schichten, die sich im Innern entwickeln, ersetzt werden, wie dieses schon von Wahlenberg bemerkt wurde (Flor. Lappon. 294: „caudex radicis constituitur taleolo satis crasso, quam nux avellanae saepe majore, in centro vegetante et ad ambitum morituro“). Die innere Masse des Stammes, soweit dieselbe nach oben mit vegetirenden Blättern und nach unten mit frischen Wurzelzasern in Verbindung steht, ist blendend weiss und von den äusseren, mit den Ru-

dimenten abgestorbener Blätter und Wurzelzasern bedeckten Schichten, deren sich 1 — 3 erkennen lassen, durch eine scharfe Trennungslinie abgegrenzt (fig. 1—3. 5—10 *a. a*). Die äusseren Schichten (fig. cit. *b*) sind braun, die an die weisse Centralmasse anstossende braungelb, nur halb abgestorben, die äusseren dunkelbraun und vermodernd. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass jede dieser Schichten das Product einer jährlichen Vegetationsperiode ist, und dass in jedem Frühjahre die Bildung einer neuen centralen Masse und das Absterben der bisherigen innersten Schichte beginnt, ein Vorgang, welchen ich freilich, da mir diese Pflanze nur im Herbste zur Untersuchung zu Gebote stand, nicht direct beobachten konnte.

Der Holzkörper der Pflanze ist im Verhältniss zur Grösse des Stammes äusserst klein. Wenn man einen Längenschnitt durch die Mitte des Stammes auf die Weise führt, dass derselbe sich mit der oben beschriebenen Furche rechtwinklich kreuzt, so erscheint der Holzkörper unter der Form einer kleinen weissgelblichen Masse, welche bei ganz jungen Stämmen rundlich (fig. 1 *c*), bei älteren eiförmig (fig. 3 *c*. fig. 10 *c*) ist. Führt man dagegen den Schnitt in der Richtung der Furche, so zeigt sich zwar der obere Theil des Holzkörpers (fig. 4 *c*. fig. 9 *c*) unter derselben Gestalt, wie im ersteren Falle, nach unten breitet er sich dagegen in einen Halbmond, dessen Convexität nach unten gerichtet ist, und welcher etwa dreimal so breit, als der obere eiförmige Theil ist, aus. Auf dem Querschnitte zeigt sich der obere, eiförmige Theil des Holzkörpers kreisrund (fig. 5 *c*. fig. 7 *c*), der untere, halbmondförmige dagegen stark zusammengedrückt (fig. 6 *c*. fig. 8 *c*). Nach allen Richtungen strahlen von dem Holzkörper eine Menge zarter, sich nicht verästelnder, und keine Anastomosen unter einander eingehender Gefässbündel aus. Die vom obern eiförmigen Theile ausgehenden (fig. 9 *d*) laufen bogenförmig nach oben und aussen, je einer zu einem Blatte; die vom unteren, halbmondförmigen Theile auslaufenden (fig. 9 *e*) gehen nach aussen und unten, je einer zu einer Wurzelzaser.

Nehmen wir das Mikroskop zu Hülfe, um den Bau der einzelnen Theile näher zu erforschen, so finden wir, dass die ganze weisse Masse des Knollens aus einem parenchymatosen Zellgewebe besteht, dessen Zellen dicht mit Amylumkörnern gefüllt, rundlich, in Linien zusammengereiht sind, welche dieselbe Richtung mit den Gefässbündeln haben, und welche nicht sehr enge gedrängt liegen, so dass grosse Intercellulargänge zwischen ihnen verlaufen. Die äussersten Zellen dieser weissen Masse, so weit dieselbe nach oben zu mit Blättern und nach unten mit Wurzeln besetzt ist, liegen nicht in diesen divergirenden Reihen, sondern mehr der Oberfläche der Knollen parallel, enthalten wenig oder kein Amylum, und bilden so eine eigene, jedoch nicht scharf abgegrenzte Schichte, von welcher die Rinde der Wurzelzasern ausläuft (fig. 9 *f*. fig. 10 *f*). Diese Schichte füllt auch den Grund der Spalte, welche weit tiefer, als von aussen sichtbar ist, in den Knollen eindringt, aus (fig. 7 *g*. fig. 8 *g*), und besteht hier aus stark in die Breite gezogenen Zellen.

Die bereits abgestorbenen, älteren Schichten haben denselben Bau, nur ist in ihren Zellen das Amylum verschwunden, und es haben die Zellenhäute eine gelbe Färbung angenommen.

Der kleine, centrale Holzkörper besitzt einen Bau, wie ich ihn noch bei keiner andern Pflanze gefunden habe. Er besteht nämlich nicht aus gestreckten, in senkrechter Richtung verlaufenden Gefässen und Zellen, sondern aus einer gleichförmigen Masse kleiner, kurzgliedriger, rundlicher, sehr locker verbundener, grosse Intercellulargänge und Lücken zwischen sich lassender Schläuche, welche mit unregelmässigen Spiralfasern

und Ringfasern besetzt sind. Zwischen diesen Gefässen liegen nur wenige dünnhäutige Zellen, welche ebenfalls keine regelmässige Anordnung zeigen, zerstreut. Wenn diese Zellen etwas in die Länge gezogen sind, so liegt ihr Längendurchmesser in querer Richtung; dieses ist besonders in dem unteren, halbmondförmigen Theile des Holzkörpers, aus welchem die Gefässe der Wurzeln entspringen und in welchem verhältnissmässig mehr Zellen, als im oberen eiförmigen Theile enthalten sind, der Fall.

Die Gefässbündel, welche von dem Holzkörper ausstrahlen, bestehen aus zarten Ring- und Spiralgefässen und wenigen, zarthäutigen, langgestreckten Zellen; an der Verbindungsstelle mit dem Holzkörper werden ihre Gefässe kurzgliedrig, es verdickt sich der Gefässbündel etwas und verschmilzt mit der centralen Masse.

Sowohl der Querschnitt, als der Längenschnitt des Holzkörpers zeigt, dass derselbe ganz gleichförmig ist und keine Spur von Schichtung zeigt, die mit Bildung von Jahresringen verglichen werden könnte. Zwischen dem Holzkörper und zwischen der weissen parenchymatosen Masse, welche mit Amylum gefüllt ist, liegt eine schmale Schichte von Parenchymzellen (fig. 7—10*h*), welche kein Amylum enthalten und welche daher durchscheinender, als die andern Zellen sind. Diese Schichte bildet ohne Zweifel die Grundlage der im nächsten Jahre zur Entwicklung kommenden amylumhaltigen Schichte, denn der Umstand, dass ihre Zellen einen Nucleus enthalten, lässt schliessen, dass dieselben noch jung sind.

Vergleichen wir nun diesen Stamm mit dem Stamme der übrigen Gefässcryptogamen, so wird

1) erhellen, dass in Beziehung auf den Bau seines Holzes, ungeachtet seiner auf den ersten Anblick so auffallenden Eigenthümlichkeiten, doch in den wesentlichen Puncten eine bedeutende Uebereinstimmung mit dem Holze der andern Gefässcryptogamen stattfindet.

Ich habe in meiner Abhandlung über den Bau der Baumfarne gezeigt, dass es eine Eigenthümlichkeit der Gefässcryptogamen ist, dass ihr Holz aus einer grossen Masse von Gefässen, mit Einmengung von wenigen, dünnhäutigen, parenchymatosen Zellen besteht, und dass demselben die prosenchymatosen, dickwandigen Zellen, welche bei den meisten Phanerogamen den grössten Theil des Holzes bilden, so wie der Bast abgehen, dass die harten, prosenchymatosen Schichten, welche bei manchen Gefässcryptogamen, besonders im Stamme der Baumfarne vorkommen und häufig die Gefässbündel derselben scheidenförmig umgeben, nicht zu dem Holze derselben zu rechnen sind, sondern einen Theil des allgemeinen Zellgewebes des Stammes bilden, und dass bei allen das Holz von krautartiger Weichheit ist. Diesem allgemeinen Bildungsgesetze entspricht nun auch der Bau des Holzes von Isoëtes, nur mit der Abänderung, welche eine Folge der Verkürzung des Stammes zum Knollen ist, insofern hiemit eine Verkürzung der cylindrischen Gefässschläuche zu rosenkranzförmigen Gefässen, welche nun nicht mehr, wie in verlängerten Stämmen, parallel neben einander in senkrechten Reihen stehen, sondern ohne bestimmte sichtbare Ordnung zusammengehäuft und zu einem Knoten verschlungen sind, gegeben ist.

2) In Betreff des Wachsthumes der Stämme der Gefässcryptogamen stellte ich in der angeführten Abhandlung den Begriff der Vegetatio terminalis auf, indem ich nachwiess, dass diese Stämme nur in die Länge, aber nicht in die Dicke wachsen, dass ihr Holzkörper mit dem höheren Alter keine neuen Schichten bildet, sondern nur an seinem oberen Ende sich verlängert; eine Art des Wachsthumes, welche Veranlassung gab,

dass Lindley diese Pflanzen Acrogenen, Unger und Endlicher Acrobrya nannten. Fassen wir den Holzkörper von Isoëtes ins Auge, so müssen wir auch diesem denselben Character des Wachsthumes zuschreiben, insoferne jede Spur von schichtenweiser Anlagerung neuer Theile im Umfange des schon bestehenden Holzkörpers und ebenso die Erzeugung neuer Gefässe in seinem Innern fehlt, und sich mit der Erzeugung neuer Blätter jährlich nur ein Knoten nach dem andern an der Spitze des älteren Holzes ansetzt und mit ihm verschmilzt, durch welche Art des Wachsthumes auch die nach oben zunehmende Dicke des Holzkörpers erklärt wird, indem bei der älteren Pflanze eine grössere Anzahl von Blättern zur Entwicklung kommt, und diese nun auch wieder einen grösseren Durchmesser des oberen Theiles des Holzkörpers, aus dem sie ihre Gefässe erhalten, zur Folge haben.

3) Was die parenchymatosen Theile des Stammes der Gefässcryptogamen betrifft, so zeigt sich bei allen von mir untersuchten Arten, dass das Parenchym des Stammes eben so wenig, als der Holzkörper mit dem Alter eine Veränderung erleidet. Hievon macht nun der Stamm von Isoëtes eine auffallende Ausnahme, indem in jedem Jahre die ganze parenchymatose Masse von einer im Umfange des Holzkörpers sich neu entwickelnden ersetzt, nach aussen gedrängt wird, abstirbt und zuletzt völlig verfault. Eine analoge Erscheinung hievon finden wir erst bei Phanerogamen, sowohl bei einzelnen Monocotylen, z. B. den Knollen von Tamus Elephantipes, als besonders bei den ausdauernden Dicotylen, wo die Rinde entsprechende Veränderungen erleidet. Hiebei findet jedoch der Unterschied statt, dass bei Isoëtes die Rinde das sämmtliche Parenchym des Stammes in sich begreift, während bei den Phanerogamen ein grösserer oder kleinerer Theil des Parenchymes zwischen den Gefässbündeln und im Centrum des Stammes liegt, sich mit dem Holze derselben erhält, und an seiner äusseren Seite einen jährlichen Zuwachs erhält.

4) Was endlich die Wurzelzasern von Isoëtes anbetrifft, so finden wir an diesen die bedeutendste Eigenthümlichkeit dieser merkwürdigen Pflanze, nicht sowohl wegen ihres Baues, obgleich die Höhlung derselben und die excentrische Lage ihres Gefässbündels auffallend genug sind, sondern vielmehr wegen der Reihenfolge ihrer Entwicklung. Ich habe schon oben auseinandergesetzt, wie sich dieselbe von der Entwicklung der Adventivwurzeln anderer verkürzter Stämme unterscheidet, es mag jedoch eine nähere Betrachtung dieses Punktes nicht überflüssig sein. Die Wurzeln entwickeln sich bekanntlich auf eine doppelte Weise. Entweder verlängert sich die primäre Achse der Pflanze nach unten und bildet so eine Pfahlwurzel, an deren Seitenflächen Wurzelzasern in absteigender Ordnung hervorbrechen, welche sich später zum Theile zu Wurzelästen ausbilden und wieder in absteigender Ordnung Zasern entwickeln. Oder es verlängert sich die primäre Achse nicht nach unten (gleichgültig, ob dieses gar nicht geschieht, oder ob die Pfahlwurzel kurze Zeit nach der Keimung des Saamenkornes wieder abstirbt), und das absteigende System der Pflanze wird durch Wurzelzasern ersetzt, welche sich aus der aufsteigenden Achse in aufsteigender Ordnung entwickeln, daher an solchen Stellen der Pflanze hervorbrechen, welche entweder noch Blätter tragen, oder doch früher getragen haben. Die Gefässbündel dieser Wurzelzasern kreuzen sich im Innern des Stammes mit den zu den Blättern verlaufenden Gefässbündeln.

Versuchen wir nun zu bestimmen, nach welchem dieser beiden Grundtypen sich bei Isoëtes die Wurzeln entwickeln, so ist die Antwort nichts weniger als leicht. Die Entwicklungsgeschichte des keimenden Pflänzchens könnte hier wohl Aufschluss gewähren, allein dieselbe ist nicht genau bekannt, denn die Beobachtungen von Delile sind nicht geeignet, uns den wahren Vorgang deutlich zu machen. Versuchen wir daher aus dem Baue der erwachsenen Pflanze die Beschaffenheit ihres Wurzelsystems zu erforschen.

Ob bei Isoëtes der halbmondförmige, untere Theil des Holzkörpers als eine absteigende Achse von ungewöhnlicher Form, oder als ein der Achse fremder Knoten, welcher aus der Vereinigung der Gefässbündel gedrängt stehender Adventivwurzeln entstanden ist, betrachtet werden muss, möchte sich durch die unmittelbare Untersuchung dieses Theiles schwerlich ausmitteln lassen, indem der Mangel einer nach abwärts gehenden Verlängerung desselben noch nicht dafür spricht, dass man ihn nicht als einen Caudex descendens betrachten dürfe. Ebenso, wie die aufsteigende Achse sehr verkürzt ist, und der innerste Theil der Blattknospe keine unbedeutende Vertiefung an der Spitze des Stammes bildet, ebenso könnte ja ein ähnliches Verhältniss auch am unteren Ende des Stammes stattfinden, und auf ähnliche Weise, wie sich am obern Stammende aus der Vertiefung immer neue Blätter entwickeln, und die älteren Blätter nach aussen drängen, ohne dass die primäre Achse sich bedeutend verlängert, könnte am unteren Stammende die absteigende Achse verkürzt bleiben und an ihrem Ende immer fort in absteigender Ordnung Wurzelzasern entwickeln, welche die ältern nach aussen drängen. Das einzige auffallende Verhältniss wäre bei dieser Annahme der Umstand, dass die verkürzte absteigende Achse nicht einen centralen Vegetationspunkt, um welchen sich die jungen Wurzeln im Kreise entwickeln, besitzt, sondern dass sie in die Breite gezogen ist, und eine linienförmige, halbmondförmig gebogene Gestalt besitzt. Diese ungewöhnliche Form liesse sich jedoch durch die Annahme erklären, es sei das vegetirende untere Ende der Achse sehr stark breit gedrückt, so dass die Wurzelzasern, anstatt in einem regelmässigen Kreise, in einer aufs Aeusserste zusammengedrückten Ellipse, d. h. in zwei neben einander liegenden, den tiefsten Theil der Furche begrenzenden Parallellinien entspringen. Mit dieser Annahme würde die absteigende Ordnung, in welcher sich die Wurzelzasern entwickeln, übereinstimmen.

Gegen diese Annahme kann dagegen die Verwandtschaft dieser Pflanze mit den andern Gefässcryptogamen angeführt werden, indem diese sämmtlich eines caudex descendens entbehren und bei der Art ihrer Keimung einen solchen auch nicht besitzen können, deren Wurzelzasern also nicht als Aeste einer Pfahlwurzel, sondern als Adventivwurzeln einer aufsteigenden Achse betrachtet werden müssen. Dieser Umstand könnte es als höchst wahrscheinlich erscheinen lassen, dass auch die Zasern von Isoëtes nicht aus einer verkürzten, absteigenden Achse entspringen. Allein mit dieser Ansicht, welche allerdings bei der innigen Verwandtschaft von Isoëtes mit den übrigen Gefässcryptogamen und insbesondere mit Lycopodium als die wahrscheinlichste betrachtet werden muss, steht die offenbar absteigende Ordnung, in welcher sich die Zasern entwickeln, im Widerspruche, und wir müssen, wenn wir diese Ansicht für die richtige erklären, bei Isoëtes eine sehr bedeutende Ausnahme in Beziehung auf die Ordnung, in welcher sich Adventivwurzeln entwicklen, annehmen.

Es stehen sich auf diese Weise von beiden Seiten Gründe von nahezu gleichem Gewichte gegenüber, und ich gestehe, dass ich es für jetzt kaum wage, mich für eine oder die andere dieser Ansichten mit Be-

stimmtheit auszusprechen. Es mag mir dagegen erlaubt sein, eine Vermuthung über das wahrscheinliche Verhältniss zu äussern. Es muss bei der Keimungsweise der übrigen Cryptogamen, von welcher wohl gewiss die Keimung von Isoëtes nicht bedeutend abweicht, als durchaus unwahrscheinlich betrachtet werden, dass diese Pflanze einen wirklichen Caudex descendens besitzt. Da nun aber dennoch die Entwicklungsweise der Wurzelzasern in absteigender Ordnung erfolgt und da die centrale Holzmasse, aus welcher die Gefässe der Zasern entspringen, sich ebenfalls nach abwärts vergrössert, so haben wir vielleicht an Isoëtes ein Beispiel von dem merkwürdigen, bei Tamus communis so deutlich ausgesprochenen Falle, dass der untere Theil der aufsteigenden Achse sich in den Verhältnissen seines Wachsthumes ganz nach Art eines ursprünglichen Caudex descendens verhält, ohne dass man ihn desshalb wirklich als solchen betrachten darf.

XI.

Ueber
den Bau des Palmenstammes.

(Aus der in Martius, genera et species palmarum enthaltenen Abhandlung: de structura palmarum übersetzt.)

Einleitung.

Eine genaue anatomische Untersuchung der Palmen ist aus dem Grunde für die Anatomie und Physiologie der Gewächse von besonderer Wichtigkeit, weil in denselben der Character der Monocotylen am reinsten ausgesprochen ist und dieselben somit vorzugsweise geeignet sind, uns über den Bau und das Wachsthum dieser grossen Pflanzenklasse Aufschluss zu gewähren. Nachdem die früheren Phytotomen der Untersuchung der Palmenstämme nur eine geringe Sorgfalt gewidmet hatten [1], so erhielt dieselbe plötzlich eine grosse Wichtigkeit, als Daubenton bei der Untersuchung der Dattelpalme zu finden glaubte, dass sich die in die jüngeren Blätter eintretenden Gefässbündel im Innern des Stammes, umgeben von den zu den älteren Blättern verlaufenden Gefässbündeln, entwickeln. Diese in der Geschichte der Phytotomie Epoche machende Vorstellung erschien erst in ihrer vollen Wichtigkeit, als Desfontaines [2]) zeigte, dass nicht nur bei der Dattelpalme, sondern bei sämmtlichen Monocotylen das Holz die Form von zerstreuten Gefässbündeln besitzt und dass die Gefässbündel, die zu den Blättern verlaufen, aus dem Centrum des Stammes hervorkommen. Diese Entdeckung musste die grösste Aufmerksamkeit erregen, die Lehre, dass die Gefässbündel der Monocotylen im Centrum des Stammes entstehen, die älteren Gefässbündel nach aussen drängen, dass dieser Vorgang so lange dauere, bis die älteren und erhärteten Gefässbündel im Umkreise des Stammes eine so feste und harte Scheide bilden, um dem Andrange der jüngern widerstehen zu können, dass damit jedes weitere Wachsthum des Stammes in die Dicke aufhören müsse und dass hierin die säulenförmige Gestalt des Stammes begründet sei, diese Lehre schien auf eine so einfache und genügende Weise die Eigenthümlichkeiten des Wachsthums der Monocotylen zu erklären, dass sie nicht nur in alle Lehrbücher überging, sondern auch von Decandolle zur systematischen

1) vergl. Grew's Untersuchung von Calamus. Anat. of plants. p. 104.

2) Mém. sur l'organisat. d. Monocotyl. (Mém. de l'institut national T. I. 478.). Nach einer kürzlich von Mirbel publicirten Notiz (Comptes rendus des séanc. de l'acad. d. scienc. 12 juin 1843) gebührt die erste Entdeckung Desfontaines, indem dieser schon in seiner Reisebeschreibung nach Algier in wenigen Worten die seinem Systeme zu Grunde liegende Idee äusserte.

Eintheilung der Gefässpflanzen in *Endogenen* und *Exogenen* benützt wurde. Die Beobachtungen von Du Petit-Thouars[1]) zeigten zwar, dass bei manchen Monocotylen der Stamm unbegrenzt in die Dicke wachsen könne; sie waren dagegen ebenso wenig, als die späteren Beobachtungen Mirbel's im Stande, den Glauben an die Richtigkeit der Desfontaine'schen Lehre wankend zu machen, sondern gaben nur Veranlassung zu der Annahme, dass bei einigen Monocotylen neben der centralen Vegetation, noch ein zweites, peripherisches Wachsthum vorkomme. Nur eine einzige, aber desto gewichtigere Stimme erklärte sich gegen die Theorie des centralen Wachsthumes der Monocotylen. Moldenhawer[2]) gab nämlich an, dass im Stamme von *Phönix dactylifera* sich eine Scheidungslinie finde, auf deren äusserer Seite sich Bastbündel, auf deren innerer sich ebenfalls Bastbündel entwickeln, welche letztere nach ihrer Entstehung Spiralgefässe neben sich erzeugen und somit zu Holzbündeln werden, und dass von diesen Holzbündeln die inneren zu den älteren, die äusseren zu den jüngeren Blättern verlaufen, dass also mit andern Worten die Dattelpalme ein peripherisches Wachsthum besitze. Wie so viele andere treffliche Bemerkungen dieses genauen Beobachters, so wurde auch dieser Satz von den übrigen Pflanzenanatomen so vollständig vernachlässigt, dass auch nicht Einer es nur für der Mühe werth hielt, desselben Erwähnung zu thun.

Vom Palmenstamme.

Form des Palmenstamms.

Die Organisation des Palmenstamms zeigt gewisse, allen Arten gemeinschaftlich zukommende Charactere; er ist einfach (mit Ausnahme von *Hyphaene*), beinahe cylindrisch, meistens aufrecht, von den Narben der stengelumfassenden Blätter geringelt, aber nicht mit wahren Knoten versehen; mit dünnen Zaserwurzeln im Boden befestigt; an der Spitze mit einem Büschel von Blättern versehen, in deren Achsel die Spadices stehen. Sein innerer Bau ist im allgemeinen folgender: in einem gleichförmigen, weichen Parenchyme, welches die Grundlage des ganzen Stammes bildet, liegen ohne Ordnung zerstreute, dünne, scheinbar mit der Achse des Stammes parallel laufende Gefässbündel; die dem Umkreis des Stammes näher liegenden sind meistens dicker, mehr von holzartiger Härte und einander mehr genähert als die im Innern des Stammes liegenden, wesshalb auch der Stamm gegen seine Peripherie hin eine oft sehr beträchtliche Festigkeit besitzt. Zwischen dieser holzartigen Masse und der dünnen Rinde liegt eine dünne Lage feiner, bastähnlicher Fasern.

Nach den Abweichungen ihres Baues theilte ich zum Behufe der anatomischen Beschreibung die Palmenstämme in einige Unterabtheilungen, welche jedoch den systematischen, auf die Modificationen des Blüthen- und Fruchtbaues gegründeten Unterabtheilungen der Familie nicht parallel gehen.

1) Der *rohrartige* (Geonomenähnliche) Palmenstamm, *caudex arundinaceus* ist dünn, schlank, aufrecht, mit ziemlich genäherten Knoten, Internodien umgekehrt conisch, Epidermis glatt, glänzend, nicht verwitternd. Diese

1) Prémier Essai sur la végétation.

2) Beiträge zur Anatom. d. Pflanzen. 53.

Stämme sind von mittlerer Festigkeit, das Parenchym ist einfach und dicht, die in der Mitte des Stamms liegenden Fasern weicher, die im Umfange liegenden oft ziemlich hart, die bastartige Faserlage schwach. Diese Stämme haben auf den ersten Blick viele Aehnlichkeit mit dem Stamm der Gräser, besonders von Bambusa, wozu die gelbe Farbe, die sie beim Trocknen annehmen und die umgekehrt conische Form der Internodien, welche dem Stamm ein gegliedertes Aussehen ertheilt, viel beiträgt; sie unterscheiden sich aber leicht von dem Halme und den unterirdischen Stämmen der Gräser durch den Mangel einer centralen Höhle und dadurch, dass die Gefässbündel in den Knoten kein netzartig verzweigtes Geflechte bilden. Dieser Stamm findet sich bei den meisten Arten von *Geonoma*, vielen Arten von *Bactris*, bei *Hyospathe*, *Chamaedorhea*; ähnliche Formen, doch schon den Uebergang zu andern Stammformen bildend besitzen *Desmoncus*, *Rhapis flabelliformis*, *Corypha frigida*.

2) Der *calamusartige Stamm (caudex calamosus)* ist dem rohrartigen ähnlich, jedoch durch ungemeines Längewachsthum verschieden. Die Internodien 2—6′ lang, dünn, scheinbar cylindrisch, doch ebenfalls umgekehrt conisch; die Oberfläche glatt, glänzend, wie lackirt, steinhart. Ihre Substanz ist gegen die Peripherie hin nicht härter als in der Mitte, die Gefässbündel sind beinahe durch den ganzen Stamm gleichförmig vertheilt, die Holzmasse ist von mittlerer Härte, ungemein elastisch und zähe; die äussere Faserlage ist sehr dünn; die steinartig harte Epidermis springt beim Biegen des Stammes unter der Form von Schüppchen ab. Diese Form kommt nur bei *Calamus* vor, den Uebergang zum rohrartigen Stamm bildet *Desmoncus*.

3) Der *cylindrische* (Mauritia ähnliche) Stamm zeichnet sich durch schöne, regelmässige Gleichförmigkeit und glatte Rundung aus. Die Internodien sind ziemlich lang, cylindrisch, die Blattnarben schmal, nicht knotenförmig aufgetrieben; Rinde dünn, der Verwitterung nicht sehr unterworfen, oft mit starken Stacheln besetzt. Die innere Structur ist sehr ausgezeichnet; beinahe die ganze Masse besteht aus einem weichen, lockeren markähnlichen Parenchyme, in welchem Gefässbündel von krautartiger Weichheit liegen; feste holzartige Gefässbündel finden sich nur an der Peripherie in einem schmalen Kreise, sie bilden aber vermöge ihrer oft bedeutenden Dicke und bedeutenden Härte eine beinahe undurchdringliche Schichte. Die äussere Faserlage ist meist sehr dünn. Diese Form findet sich bei *Mauritia (armata, vinifera)*, *Oenocarpus* (*minor* etc), *Kunthia* (*montana*), *Astrocaryum* (*vulgare* etc.).

4) *Cocosartiger Stamm (caud. cocoides)*. Derselbe ist dick, von den einander genäherten, breiten Blattnarben etwas unregelmässig knotig und häufig von den Gefässbündeln der abgefallenen Blätter und verwitterten Blattscheiden zottig, oft sehr hoch. Die Gefässbündel sind beinahe durch die ganze Masse des Stammes gleichförmig vertheilt, die der Peripherie näher stehenden haben eine nur um weniges gedrängtere Stellung, als die inneren, und sind eher dünner als dicker denn die letzteren; die bastähnliche Faserlage sehr dick; die Rinde dick, unregelmässig zerrissen und verwitternd. Die Holzbündel bald ziemlich weich, wie bei *Corypha cerifera*, bald aber auch sehr hart, wie bei *Cocos coronata*. Wegen der gleichförmigen Vertheilung der Gefässbündel ist der Stamm in der Mitte beinahe so hart, als aussen, wegen der grossen Menge von Gefässbündeln zeigt er eine bedeutende Festigkeit. Diese Stammform findet sich bei *Cocos*, *Leopoldinia*, *Syagrus*, *Elaeis*, *Corypha*; *Rhapis flabelliformis*, *Lepidocaryum gracile* bilden den Uebergang zum rohrartigen Stamme.

5) *Stammlose Palmen*. Bei einigen ist das Längewachsthum so gering, dass die Pflanzen stammlos zu sein scheinen. Es scheinen zwei Abarten vorzukommen. Bei der ersten ist der Stamm zwiebelähnlich verkürzt; es ist dieses keine Eigenthümlichkeit besonderer Gattungen, sondern kommt bei einzelnen Arten der verschiedensten Gattungen vor z. B. bei *Geonoma acaulis*, *macrostachys*, *Astrocaryum acaule*, *campestre*, *Diplothemium maritimum*, *campestre*, *littorale*. Einzelne Arten kommen auch bald mit sehr verkürztem, bald mit ziemlich langem Stamme vor z. B. *Attalea compta*. Die zweite Abart kommt bei *Sabal* vor; hier bildet der Stamm ein kurzes, kriechendes Rhizom von höchst auffallender Form, indem seine mit Blättern besetzte Spitze auf dem Boden aufliegt, während das hintere Ende von den Wurzeln in die Höhe gehoben wird und über die Erde hervorragt.

Anm. Von dieser 5ten Stammform hatte ich keine Exemplare zur Untersuchung, das Folgende bezieht sich daher nur auf die vier ersten der genannten Stammformen.

Verlauf der Gefässbündel im Stamme.

Ehe ich zur mikroskopisch-anatomischen Beschreibung des Stammes übergehe, wird es nöthig sein, den Verlauf der Gefässbündel zu beschreiben. Es ist bekannt, dass dieselben nicht in concentrischen Kreisen liegen, sondern ohne eine bestimmbare Ordnung im ganzen Stamme zerstreut liegen. Dieser Unterschied der Palmen von den dicotylen Bäumen ist so auffallend, dass er schon im Alterthum als characteristische Eigenthümlichkeit der Palmen betrachtet wurde [1]). Den Verlauf dieser Gefässbündel verfolgt man am besten in solchen Stämmen, deren Parenchym durch Vermoderung seine Festigkeit verloren hat; bei diesen kann man mit leichter Mühe die einzelnen Gefässbündel aus dem der Länge nach gespaltenen Stamme herauspräpariren. Sehr bequem zur Untersuchung sind auch Stämme mit einem weichen, markartigen Centrum. Verfolgt man bei einem solchen Stamme z. B. bei *Kunthia montana* einen Gefässbündel von der Insertionsstelle des Blattes aus rückwärts, so findet man, dass er in einem nach oben convexen Bogen bis zum Centrum des Stammes verlauft, alsdann in der Nähe des Centrums eine Strecke weit im Stamme abwärts lauft, bald aber die mit der Achse des Stammes parallele Richtung wieder verlässt und allmählig, indem er zugleich immer tiefer am Stamme sich herabzieht, sich der Oberfläche des Stammes wieder nähert, bis er unter der Rinde anlangt und nun unter dieser am Stamme hinablauft.

Anm. Ich habe hier den Verlauf des Gefässbündels in der Richtung von oben nach unten beschrieben, weil ich ihn in der Regel in dieser Richtung im Stamme verfolgte; hiemit soll aber nicht angedeutet sein, dass die Gefässbündel der Palmen sich bei ihrer Entstehung in dieser Richtung ausbilden, und ich werde auch im Folgenden, wie es mir für die Darstellung bequemer sein wird, bei der anatomischen Beschreibung der Gefässbündel dieselben bald von oben nach unten, bald in der entgegengesetzen Richtung verfolgen.

Der Verlauf der Gefässbündel ist bei allen Palmen der gleiche und es finden sich nur insoferne Verschiedenheiten, als bei verschiedenen Arten die Gefässbündel an den verschiedenen Stellen ihres Verlaufs ein verschiedenes Aussehen zeigen.

Bei denjenigen Arten nämlich, welche wie *Kunthia montana, Mauritia aculeata* nur am Umkreis des Stammes holzartig feste Gefässbündel, im Centrum dagegen eine krautartig weiche Substanz besitzen, findet man, dass alle Gefässbündel von ihrer Eintrittstelle ins Blatt an rückwärts bis zum Centrum des Stamms und von hier an abwärts bis zu der Stelle, wo sie sich der äussern, harten Holzschichte nähern, dünn und krautartig weich sind, dass sie dagegen, wie sie in jene äussere Schichte auf ihrem Wege nach unten eintreten allmählich dicker und holzartig fest werden. Wenn die Gefässbündel den äussern Theil dieser Schichte erreicht haben und unter der Rinde ankommen, so nimmt ihre Dicke, aber nicht ihre Festigkeit und Härte ab, es ist jedoch diese letztere Eigenschaft wegen ihres geringen Durchmessers weniger merklich. Sie laufen auf diese Weise unter der Form von dünnen Fäden zwischen der festen, holzigen Schichte und der Rinde bis zur Basis des Stamms herab oder schliessen sich nach einem kürzern oder längern Verlaufe an andere

1) Theophrast, hist plant. Lib. I. Cap. IX.

Gefässbündel an und verschmelzen mit denselben. Da sämmtliche Gefässbündel einen ähnlichen Verlauf haben und bei allen der in der Mitte des Stamms verlaufende Theil krautartig weich ist, so ist die markartige Weichheit des Centrums des Stammes leicht erklärlich, ebenso ist deutlich, dass die Härte der äusseren Schichte des Stammes die Folge davon ist, dass sämmtliche Gefässbündel während ihres Verlaufes durch die äussere Schichte des Stammes dick und hart sind, ferner, dass die bastähnliche Faserschichte unter der Rinde aus den untern Endigungen der Gefässbündel gebildet und nicht dem Baste der Dicotylen zu vergleichen ist.

Die Gefässbündel der cocosartigen und calamusartigen Stämme unterscheiden sich dadurch, dass sie auf ihrem Verlaufe vom Blatte zum Centrum und von diesem zu den äussern Stammschichten nicht jene krautartige Weichheit zeigen, sondern ebenfalls dick und holzartig erscheinen, wenn gleich in geringerem Grade als in den äussern Schichten. In Beziehung auf den untern Theil des Gefässbündels kommen beim cocosartigen Stamme zwei Abänderungen vor, entweder geht er wie bei *Kunthia* in einen dünnen Faden über, alsdann ist die äussere Faserlage des Stamms wie bei den übrigen Stammformen dünn, oder es theilt sich der Gefässbündel bei seinem Austritte aus der harten Schichte in mehrere kleinere Bündel, welche sich nach einer kurzen Strecke in viele feine Fasern auflösen, alsdann ist die Faserschichte dick z. B. bei *Cocos nucifera, coronata* etc.

Aus diesem Verlaufe der Gefässbündel folgt der Satz: *Die von Desfontaines aufgestellte Lehre, dass die neuen Gefässbündel im Centrum des Stammes entstehen und dass die an der Peripherie des Stammes liegenden, härteren, dickeren Gefässbündel älter, als die weichen, das Centrum einnehmenden seien und dass desshalb die Vegetation der Monocotylen von der der Dicotylen gänzlich verschieden sei, ist durchaus unrichtig und verwerflich.*

Anm. 1. Aus dem Umstande, dass die Gefässbündel vom Blatte aus in einem ziemlich stark gekrümmten Bogen bis gegen die Mitte des Stammes laufen, dass sie aber von hier aus auf ihrem Wege nach unten nur allmählig sich der Rinde nähern, erklärt es sich, wie die Phytotomen zu der Annahme, dass dieselben in der Mitte des Stamms entstehen, verleitet werden konnten. Man bemerkt nämlich dieses Auswärtslaufen auf einem der Länge nach gespaltenen Stamme nicht leicht, wenn man nicht die einzelnen Gefässbündel herauspräparirt. Ein Umstand hätte jedoch schon längst auf die Unrichtigkeit der Desfontaine'schen Lehre hinweisen sollen. Wenn nämlich die Gefässbündel der jüngeren Blätter im Stamme weiter nach innen als die Gefässbündel, welche zu den ältern Blättern gehen, liegen würden, so könnten sich die ersteren mit den letzteren niemals kreuzen. Nun ist aber in allen Palmen leicht zu sehen, dass die in ein Blatt austretenden Gefässbündel sich mit den Gefässbündeln, die zu den höher oben stehenden Blättern verlaufen, kreuzen, was nur bei der oben beschriebenen Anordnung der Fasern möglich ist. Diese Kreuzung ist desto auffallender, je dicker der Stamm und je genäherter seine Blätter sind, daher bei den Cocosarten um vieles deutlicher, als bei Kunthia; noch deutlicher ist sie bei *Xanthorrhoea hastilis* (vgl. Decandolle, Organogr. Tab. 7. 8.), bei welcher auf dem Querschnitte des Stammes die in die Blätter austretenden Gefässbündel das Aussehen von Markstrahlen besitzen. Ebenso ist die Kreuzung sehr deutlich bei dem Stamme von *Pandanus, Dracaena Draco, Aletris fragrans, Aloë, Bambusa* u. s. w.

Anm. 2. Aus dem geringen Durchmesser des untern faserförmigen Endes der Gefässbündel erklärt sich leicht die geringe Dicke der Faserschichte des Stammes. Wo jeder Gefässbündel sich in einen einzigen Faden endigt wie bei *Bactris, Geonoma, Lepidocaryum, Calamus, Kunthia, Oenocarpus, Hyospathe, Rhapis* u. s. w. ist diese Schichte

sehr dünn, wenn dagegen ein Gefässbündel mehrere Fasern liefert, oder wenn wie bei *Mauritia vinifera* die Fasern eine ziemliche Dicke beibehalten, so ist auch die Dicke der Faserschichte nicht ganz unbedeutend, so fand ich sie bei *Leopoldinia pulchra* $^1/_2$ — 2''', bei *Syagrus cocoides* 1''', bei *Cocos nucifera*, *Euterpe edulis*, *Mauritia vinifera* 6''' dick.

Zellgewebe des Palmenstamms.

Das Zellgewebe zerfällt nicht, wie bei den Dicotylen in deutlich geschiedene Rinde, Mark und Markstrahlen, weil die Gefässbündel durch die ganze Dicke des Stamms zerstreut sind. Dessen unerachtet zeigt das Zellgewebe in den verschiedenen Stammschichten verschiedene Formen, welche in manchen Beziehungen mit den Formen der Rinden-, Mark- und Markstrahlenzellen verglichen werden können.

Die Form des Zellgewebes im Palmenstamme lässt sich im allgemeinen nur dahin bestimmen, dass dasselbe parenchymatos ist und seine Zellen meistens in senkrechten Reihen übereinanderstehen, denn die Form dieser Zellen ist sowohl bei den verschiedenen Arten, als in den verschiedenen Schichten desselben Stammes sehr verschieden. Im allgemeinen sind die Zellen nur von mittlerer Grösse und wie es scheint bei allen Arten in gewissen Vegetationsperioden dicht mit Amylum gefüllt.

In der Faserschichte ist das Zellgewebe immer aus kleinen, dünnwandigen, meistens in die Breite gezogenen Zellen, zwischen welchen keine Intercellulargänge liegen, zusammengesetzt. In jungen Stämmen, deren Rindenlage noch in voller Vegetation steht, findet man in den äussern Zellen Chlorophyllkörner, in den tiefer liegenden Amylumkörner, später verschwinden die körnigen Bildungen aus denselben. Nur da, wo die Faserbündel weit auseinanderstehen, bilden die Zellen dieser Schichte ein ganz regelmässiges Gewebe; in den meisten Fällen wird die Regelmässigkeit ihrer Anordnung dadurch gestört, dass die an die Gefässbündel angrenzenden Zellen ihre breitere Seite, seltener ihre schmale Seite gegen den Gefässbündel wenden, in welchem letztern Falle um jeden Bündel eine sternförmige Figur gebildet wird (*Leopoldinia pulchra*).

In der Stammschichte, in welcher die dicken, harten Gefässbündel liegen, wird das Zellgewebe dadurch, dass die Gefässbündel hier sehr enge gedrängt liegen und durch den gegenseitigen Druck sich häufig (besonders beim cylindrischen Stamme) in eckige Figuren pressen, in dünne Lamellen zusammengedrückt, welche je nach der Form der Gefässbündel zwar eine verschiedene Richtung haben, jedoch im Ganzen genommen in der Richtung von aussen nach innen verlaufen, indem die Gefässbündel meistens eine von beiden Seiten zusammengedrückte Form zeigen. Auch hier sind die Zellen in der Richtung der Seitenflächen der Gefässbündel in die Breite gezogen und zwar desto mehr, je näher sie dem Gefässbündel liegen; sie haben daher in den cylindrischen Stämmen, in welchen meist nur 1—3 Zellenreihen zwischen je zwei Gefässbündeln liegen, eine sehr verlängerte Form, während dieses in den übrigen Stämmen nur bei zufälliger Näherung der Gefässbündel stattfindet und die dodecaëdrische Form der Zellen sich an allen den Stellen, an welchen die Gefässbündel weiter auseinander liegen, wiederherstellt. In demselben Maasse, in welchem die Zellen eine in die Breite gezogene Form annehmen, wird auch die Stellung derselben in senkrechten Reihen in eine An-

ordnung in horizontalen Reihen umgewandelt, so dass das Zellgewebe die sogenannte mauerförmige Form annimmt. Bei manchen Palmen z. B. Cocos botryophora stehen die äusseren Gefässbündel in radienförmigen Reihen hintereinander, so dass breite Streifen von Zellgewebe unter der Form von Markstrahlen 1—3‴ tief in den Stamm eindringen. In diesen Streifen zeigen die Zellen eine der Oberfläche des Stamms parallele Ausdehnung in die Breite.

Die Zellen dieser Schichte besitzen beinahe immer weit dickere und härtere Wandungen, als die der Faserschichte und des Innern. Gewöhnlich ist zwar die Verdickung ihrer Wandungen, wenn gleich immer merklich, nicht sehr auffallend, bei einzelnen Palmen dagegen z. B. *Diplothemium caudescens, Cocos botryophora* erreichen sie eine solche Dicke, wie man sie sonst nur an Holz- und Bastzellen zu sehen gewöhnt ist. In Folge dieser Verdickung der Wandungen verwandeln sich die Tüpfel (die sich im allgemeinen auf allen Palmenzellen finden) in deutliche Canäle, welche in den aneinanderliegenden Zellen einander gegenüberliegen. Durch diese beiden Verhältnisse, die Verdickung der Wandungen und durch das Punctirtsein nähern sich diese Zellen nicht weniger, als durch ihre Form den Markstrahlenzellen der dicotylen Bäume, indem auch diese beständig dickwandig und punctirt sind.

Das Zellgewebe des centralen Theiles des Stamms zeigt ebenfalls mehrere Verschiedenheiten, welche grossentheils mit der Stellung der Gefässbündel in Verbindung stehen. Darin stimmt es in allen Palmen überein, dass die Zellen dünnwandig, in den meisten Fällen in senkrechte Reihen geordnet, dass die an den Gefässbündeln anliegenden Zellen meistens etwas in die Länge gestreckt sind und in der Richtung ihres Querdurchmessers von der Lage des Gefässbündels abhängen.

Im Innern der cocosartigen Stämme stellt das Zellgewebe ein regelmässiges Parenchym dar, die Zellen sind dünnwandig, fein punctirt und bilden nur in der Umgebung der Gefässbündel oder wo zwei Gefässbündel näher aneinanderliegen, Uebergänge zum mauerförmigen Zellgewebe, ohne jedoch dabei dickere Wandungen anzunehmen; selbst bei *Cocos botryophora* und *Diplothemium caudescens* wird das Zellgewebe, je näher es dem Centrum liegt, desto dünnwandiger.

In den meisten Palmenstämmen dagegen, in deren Mitte die Gefässbündel um vieles weitläufiger als im Umfange stehen, zeigt das Zellgewebe des Centrums bedeutende Abweichungen von dem der äussern Schichten, indem es auf eine gedoppelte Weise sehr locker wird.

Entweder wird nämlich das Zellgewebe in der Mitte des Stammes sehr grosszellig und bildet dadurch eine sehr weiche, schwammige Masse z. B. bei *Geonoma simplicifrons, Oenocarpus minor, Kunthia montana.* In diesen Fällen behalten nur die an die Gefässbündel angrenzenden, kleineren Zellen die Form von regelmässigen Parenchymzellen, die übrigen, sehr vergrösserten Zellen laufen in strahlenförmiger Richtung von den Gefässbündeln aus und bilden ebensoviele sternförmige Rosetten, als Gefässbündel vorhanden sind.

In andern Fällen erreichen die Zellen im centralen Theile des Stammes nicht so bedeutende Dimensionen, sondern die Auflockerung des Gewebes wird dadurch vermittelt, dass sich die Intercellulargänge zu

regelmässigen Luftcanälen erweitern. Den Uebergang hiezu bildet *Calamus,* wo sich in der Mitte des Stammes grosse Intercellulargänge zwischen den Zellen finden; die letzteren behalten jedoch noch zu sehr die Form der regelmässigen Parenchymzellen bei und die Intercellulargänge sind noch zu klein, als dass man das Zellgewebe mit vollem Rechte zum sogenannten zusammengesetzten rechnen könnte. Dieses ist jedoch in hohem Grade der Fall bei *Astrocaryum gynacanthum, vulgare, Mauritia vinifera* und besonders bei *Mauritia armata.* Hier lassen die Zellen grosse, rundliche Canäle zwischen sich, welche ununterbrochen durch lange Strecken des Stammes verlaufen, so dass man durch Stammstücke von mehr als 1' Länge Rauch blasen kann. An den Enden spitzen sich diese Canäle allmählig zu und sind völlig verschlossen, indem die Scheidewände von sternförmigen Zellen, wie man sie bei vielen Wasserpflanzen, bei Musa u. s. w. findet, bei den Palmen nicht vorkommen.

Anm. 1. In den neuern Zeiten versuchten einige deutsche Phytotomen (Heyne, Meyen) das Zellgewebe nach der Form der Zellen in eine grosse Menge von Unterabtheilungen zu zerfällen, es scheint mir dieses wegen der grossen Menge von Uebergängen dieser Formen in einander naturwidrig zu sein. Die obige Beschreibung des Zellgewebes der Palmenstämme kann als Beweis dienen, dass die Form der Zellen in keinem genauen Zusammenhange mit ihrer Function steht und dass dieselbe ebensowohl von der Form, Organisation und Lage der anliegenden Zellen und Gefässbündel, als von der eigenen Natur der Zellen abhängt. Es ist bei einer Vergleichung der verschiedenen Palmenstämme nicht zu verkennen, dass die bei verschiedenen Arten an den einander entsprechenden Stellen liegenden Zellen, welche für die Oeconomie der Pflanzen die gleiche Bedeutung haben, gänzlich verschiedene, vielfach wechselnde Formen zeigen, es erscheint daher gänzlich unpassend, der Form der Zellen eine so grosse Bedeutung beizulegen. Die Palmen eignen sich zum Beweise dieses Satzes um so mehr, da diese Pflanzen nicht nur eine der natürlichsten Familien bilden, sondern auch in Hinsicht auf ihre Vegetation und ihre Produkte eine sehr grosse Aehnlichkeit zeigen. Dasselbe Verhältniss, Abweichung der Form der Zellen bei nahe verwandten Pflanzen lässt sich auch bei andern, nicht weniger natürlichen Familien z. B. bei den Farnen, nachweisen.

Anm. 2. In den Zellen keines Palmenstamms fand ich Raphiden oder andere Crystalle.

Eine vom unterliegenden Parenchyme deutlich gesonderte und ein besonderes Wachsthum zeigende *Rinde,* wie sie bei den dicotylen Holzgewächsen sich findet, fehlt bei den Palmen. Dagegen zeichnen sich doch die äusseren Schichten des Zellgewebes aus und verdienen desshalb eine Beschreibung. In der Jugend sind dieselben dünnwandig und von den Zellen der unterliegenden Faserschichte nicht zu unterscheiden, mit dem höheren Alter verdicken sich dagegen ihre Wandungen, werden hart und braun. Bei manchen Arten z. B. bei *Calamus,* bei vielen Arten von *Geonoma* bleibt diese Schichte sehr dünn, ihre Zellen bekommen nicht so dicke Wandungen und scheinen sich auch das ganze Leben der Pflanze hindurch lebend zu erhalten. Bei den Arten dagegen, deren Oberfläche einer Verwitterung unterworfen ist, wie bei *Cocos, Elaeis,* erhält die Rinde eine beträchtliche Dicke und zieht allmählig einen Theil des Zellgewebes der Faserschichte in ihren Kreis, dieselbe ist alsdann nicht im ganzen Umfange des Stammes gleich dick, sondern reicht an einzelnen Stellen tief in die Faserschichte hinein, während sie an andern Stellen ziemlich dünn ist: in diesem Falle schliessen auch die inneren Rindenschichten einen Theil der Faserbündel ein, was gewöhnlich nicht der Fall ist.

Die *Epidermis* erhält sich nur bei den rohrartigen und calamusartigen Stämmen bis ins Alter, bei den übrigen geht sie durch Verwitterung mehr oder weniger zu Grunde. Sie besteht aus einer einfachen Lage kleiner Zellen. In der Regel finden sich keine Spaltöffnungen in derselben, bei *Rhapis flabelliformis* sind dagegen zerstreute Spaltöffnungen vorhanden. Bei *Calamus* besteht sie aus kleinen, in der Richtung von aussen nach innen verlängerten Zellen und bildet eine steinharte, brüchige, glänzende Schichte.

Als Anhang der Rinde und als rein zellige Theile kommen auch noch die verschiedenen Arten der Pubescenz in Betracht. Der jüngste Theil des Stamms ist, so lange er noch jung und von den Blattscheiden verhüllt ist, häufig mit einem haarförmigen Ueberzuge bedeckt. Derselbe erscheint bald unter der Form von wirklichen Haaren, welche meistens sehr dicht gedrängt und zu einem dichten Filze verklebt sind z. B. bei *Bactris tomentosa.* In andern Fällen besteht der Ueberzug aus Schuppen, welche denen der Farne vollkommen gleichen z. B. bei *Rhapis flabelliformis, Phoenix dactylifera.* In andern Fällen sind die Zellen zu kleineren oder grösseren Stacheln verbunden. An den Blatt- und Blüthenscheiden finden sich viele Uebergangsformen von einfachen Haaren, steifen Borsten und starken, harten Stacheln. Solche Stacheln stehen nun auch am Stamme vieler Palmen, wo sie, so lange die Internodien noch von den Blattscheiden umschlossen sind, dicht am Stamme angedrückt liegen, sich aber nach dem Abfallen des Blatts aufrichten und bei ihrer Härte, Länge und stechenden Spitze für den Stamm eine furchtbare Schutzwehr bilden.

Diese Stacheln stellen bald nur zolllange, stumpfe Zapfen vor, wie bei *Mauritia armata,* dagegen bilden sie lange, schmale, sehr harte und stechende Nadeln bei *Acrocomia sclerocarpa, Astrocaryum Murumuru, Ayri, gynacanthum* etc. Sie sind blos zellige Gebilde, die Zellen der äussern Schichten sind langgestreckt, sehr dickwandig und hart, die in der Mitte dünnwandig, parenchymatos; oft ist auch die Mitte hohl.

Bau des Gefässbündels.

Ehe ich die Modificationen beschreibe, welche der Bau des Gefässbündels an den verschiedenen Stellen seines Verlaufes erleidet, mag es nicht unpassend sein, seine Zusammensetzung an derjenigen Stelle, an welcher er aus dem harten, peripherischen Holzcylinder auf seinem Wege gegen das Centrum des Stammes hin in die weiche, mittlere Substanz des Stammes eintritt, anzugeben. Er besteht hier aus drei, scharf von einander zu unterscheidenden Substanzen 1) aus dem Baste, 2) aus einem Bündel eigener Gefässe, 3) aus dem Holzkörper. Diese drei Bestandtheile sind beständig auf die Weise angelagert, dass der Bast gegen die Peripherie, das Holz gegen das Centrum des Stammes hingerichtet ist und die eignen Gefässe zwischen dem Baste und Holze liegen. Der nähere Bau dieser verschiedenen Theile ist in der Regel folgender.

Der *Bast* besteht aus dickwandigen, prosenchymatosen Zellen. Es bestätigt sich daher die Meinung von Kieser (Phytotomie. 209), dass die Bastzellen der Monocotylen horizontale Scheidewände hätten, durchaus nicht, wie auch schon Moldenhawer (Beiträge. 48) bei den Gräsern einen prosenchymatosen Bast gefunden hatte. Die Bastzellen zeigen in ihrer gegenseitigen Lage durchaus keine bestimmte Ordnung; die gegen das Innere des Gefässbündels zu liegenden haben den geringsten Durchmesser. Sie sind mit feinen Tüpfelcanälen versehen.

Die *eigenen Gefässe* bestehen aus einer Vereinigung lang gestreckter, mit horizontalen Scheidewänden versehener, dünnwandiger, engerer und weiterer Zellen. Die engeren liegen theils zwischen den Ecken der weiteren, theils auch zwischen den Seitenwandungen der letztern.

Das *Holz* besteht aus ziemlich dünnwandigen, getüpfelten, in die Länge gestreckten Parenchymzellen, zwischen welchen auf der gegen die Peripherie des Stammes gerichteten Seite gewöhnlich zwei grosse, netzförmige Gefässe und hinter diesen eine geringere oder grössere Anzahl von engeren Spiralgefässen und Ringgefässen liegen.

Den angegebenen Bau behält der Gefässbündel nicht seiner ganzen Länge nach unverändert bei, sondern er ändert bei allen Palmen seine Structur an den verschiedenen Stellen seines Verlaufes auf eine analoge Weise. Um dieses nachzuweisen kann man einen doppelten Weg einschlagen, entweder den Querschnitt eines ganzen Stammes oder einen isolirten Gefässbündel an den verschiedenen Stellen seines Verlaufs untersuchen.

Bei Untersuchung des Querschnittes eines Palmenstamms kann man zwar den Bau eines jeden Gefässbündels desselben nur an einer einzigen Stelle seines Verlaufes kennen lernen, da aber ein jeder dieser Gefässbündel einen bestimmten Verlauf von der Peripherie zum Centrum und von diesem wieder auswärts zur Peripherie hat, so ist klar, dass man auf jedem Querschnitte des Stamms an seiner Peripherie die faserförmigen untern Endigungen der Gefässbündel, weiter nach innen zu den weiter nach oben zu gelegenen dicken und harten Theil der Gefässbündel, gegen die Mitte des Stammes hin den weichen Theil der Gefässbündel an der Stelle ihres mehr senkrechten Verlaufes unterhalb ihrer Umbiegungsstelle treffen muss; endlich kann man den Theil der Gefässbündel, mit welchem sie vom Centrum gegen das Blatt verlaufen, an den verschiedensten Stellen des Stammes zwischen den übrigen treffen. Die letzteren Gefässbündel werden in einer mehr oder weniger schiefen, die übrigen nahezu in querer Richtung durchschnitten sein.

Die Untersuchung eines solchen Querschnittes unter dem Mikroskope zeigt, dass die äussersten faserförmigen Bündelchen blos aus dickwandigen Prosenchymzellen, welche den Bastzellen der übrigen Gefässbündel entsprechen, bestehen. Weiter nach einwärts trifft man grössere Bündelchen, welche bereits die vollständige Zusammensetzung des Gefässbündels zeigen; sie zeichnen sich dadurch aus, dass ihr Bastkörper verhältnissmässig sehr gross ist und der Holzkörper aus einem einzigen Gefässe, welches nur von wenigen Zellen umgeben ist, besteht. Ebenso sind die eigenen Gefässe in sehr geringer Menge vorhanden. Weiter nach innen, wo die Gefässbündel ihre bedeutendste Grösse erreicht haben, bestehen sie dem grössten Theile nach aus dickwandigen, heller oder dunkler braun gefärbten Baströhren, der Holzkörper ist noch wenig entwickelt, doch enthält er schon ein oder zwei Gefässe von ziemlicher Grösse, welche von wenigen, etwas dickwandigen Zellen umgeben sind; die eigenen Gefässe sind ebenfalls noch wenig entwickelt und unterscheiden sich leicht von den Holzzellen durch ihre dünneren Wandungen. Weiter einwärts, beim Uebergange in den weichen Theil des Stamms nimmt die Grösse der Gefässbündel ab, sie zeigen eine rundlichere Form, indem der Bastkörper bedeutend kleiner ist und die Form eines Halbmondes annimmt, in dessen Höhlung die eigenen Gefässe aufgenommen sind, hinter welchen der stark entwickelte Holzkörper liegt. In diesem

finden sich ein oder zwei grosse Gefässe und hinter denselben mehrere kleinere. Je weiter gegen das Centrum zu der Gefässbündel liegt, desto mehr nimmt die Masse des Bastes, der zuletzt nur einen sehr schmalen Halbmond darstellt, ab und die Grösse des Holzkörpers zu, in welchem die Menge der kleinern auf seiner innern Seite liegenden Gefässe sich vermehrt. In ähnlichem Verhältnisse wie der Holzkörper vergrössert sich der Bündel der eigenen Gefässe. Mit dieser Abnahme des Bastkörpers nimmt die Weichheit des ganzen Gefässbündels zu, indem nur der Bast dickwandige Elementarorgane enthält.

Die gleichen Veränderungen im Bau des Gefässbündels findet man, wenn man einen solchen aus dem Stamme herauspräparirt und an verschiedenen Stellen untersucht. Auf diese Weise lässt sich nicht nur durch Vergleichung der Querschnitte eines und desselben Gefässbündels eine Uebersicht über die Veränderungen seiner Grösse und seines Baues erlangen, welche gar keinem Zweifel Raum geben kann, sondern es lassen sich auch leichter, als auf dem Querschnitte des ganzen Stammes die Veränderungen erkennen, welche der Gefässbündel auf seinem Wege vom Centrum des Stammes bis zur Basis des Blattes erleidet [1]).

Diese Veränderungen bestehen darin, dass je weiter sich der Gefässbündel dem Blatte nähert, desto mehr der Bastkörper an Grösse ab- und der Holzkörper an Grösse zunimmt und dass hiemit eine grosse Vermehrung seiner Gefässe verbunden ist, welche jedoch an Grösse bedeutend abnehmen. In der Nähe der Austrittsstelle aus dem Stamme bereitet sich eine Theilung des Gefässbündels in mehrere (bis zu sechs) vor, welche auf die Weise erfolgt, dass am äusseren Rande des Holzkörpers auf seiner hinteren und auf den seitlichen Flächen kleine Bündel von Bastzellen auftreten, hinter welchen eine Strecke weiter nach oben auch die übrigen zu einem vollständigen Gefässbündel gehörigen Systeme (das Holz und die eigenen Gefässe) sich bilden, so dass der ganze Gefässbündel aus einem Kreise von kleineren Gefässbündeln, welche alle mit ihrem Holzkörper gegen ein gemeinschaftliches Centrum gerichtet sind, besteht und durch einfaches Auseinanderweichen dieser Abtheilungen in ebenso viele, alle wesentlichen Theile des Gefässbündels enthaltende, Bündel zerfällt.

Es folgt aus der beschriebenen Beschaffenheit des Gefässbündels auf eine unwiderlegliche Weise, dass die allgemein verbreitete Ansicht, die im äusseren Theile des Stamms liegenden dickeren und festeren Gefässbündel seien die älteren und verholzten und die in der Mitte liegenden, weichen seien die jüngeren, noch nicht zu vollständiger Entwicklung gekommenen, durchaus falsch ist.

Modificationen des Baues der Gefässbündel bei verschiedenen Palmenstämmen [2]).

Obgleich bei allen Palmen der Bau des Gefässbündels denselben Typus zeigt, so kommen doch bei den verschiedenen Arten Modificationen des Baues vor.

Bei den rohrartigen Stämmen zeigt der Bast in der äusseren harten Schichte des Stamms eine sehr be-

1) Das auf diese zweite Untersuchungsmethode sich Beziehende ist keine Uebersetzung des Originaltextes, indem sich der letztere an dieser Stelle speciell auf Abbildungen bezieht und desshalb ohne die letzteren unverständlich wäre.

2) Im Auszuge mitgetheilt, indem das Detail sich auf die Abbildungen des Originals bezieht.

deutende Entwicklung, gegen das Centrum zu nimmt er zwar an Grösse wieder ab, erhält sich aber doch auf einer mittleren Grösse, und da zugleich die Gefässbündel nicht sehr vereinzelt stehen, so besitzt die Mitte des Stamms noch eine ziemliche Festigkeit.

Bei dem cylindrischen Stamme zeigt unter allen Palmen der Bast in der äusseren Schichte die stärkste Entwicklung zu einer in der Richtung von innen nach aussen oft langgestrekten Masse, in der Mitte des Stamms erhält der Gefässbündel eine krautartige Weichheit, theils durch Verkleinerung des Bastbündels, theils dadurch, dass die Wandungen seiner Zellen sich so sehr verdünnen, dass sie auf dem Querschnitte Parenchymzellen gleichen.

Bei den cocosartigen Stämmen nimmt der Bast beim Uebergange des Gefässbündels aus der Faserschichte nach innen nur sehr langsam zu und erreicht keine bedeutende Grösse, auch stehen die Gefässbündel im äusseren Theile des Stammes weniger gedrängt, als bei den zwei vorausgehenden Stammformen. Theils hieraus, theils aus der weniger starken Abnahme des Bastes in der Mitte des Stammes erklärt sich die gleichförmigere Härte der verschiedenen Schichten des letztern.

Einen sehr eigenthümlichen Bau zeigen die Gefässbündel von *Calamus*. Es ist auch hier der Bast in der äusseren Stammschichte stärker entwickelt, dagegen zeigt der Holzkörper die Eigenthümlichkeit, dass er seltene Ausnahmen abgerechnet, statt mehrerer grosser Gefässe nur ein einziges von ungewöhnlichen Dimensionen enthält, welches die Mitte des Gefässbündels einnimmt. Hinter diesem grossen Gefässe liegen (mit Ausnahme der äussersten Gefässbündel) einige kleine Spiralgefässe. Die Zellen des Holzkörpers besitzen dicke Wandungen und sind daher auf dem Querschnitte leicht mit den Bastzellen zu verwechseln. Die eigenen Gefässe sind in zwei Gruppen vertheilt, welche mit den Spiralgefässen gleichsam die Spitzen eines das grosse Gefäss einschliessenden Dreiecks bilden.

Vom Bau der einzelnen anatomischen Systeme des Gefässbündels.

Die Zellen desjenigen Theiles, welchen ich mit dem Ausdrucke des *Bastes* bezeichne, besitzen immer diagonale Scheidewände. In der Jugend besitzen sie, wie alle übrigen dickwandigen Zellen, zarte ungefärbte Membranen. Haben sie sich mit dem Alter verdickt, so liefern sie den deutlichen Beweis, dass die Membran der Pflanzenzelle durch Ablagerung von Schichten in die Dicke wächst. Man sieht nämlich auf dem Querschnitte der Wandungen der Bastzellen aller Palmen zarte, concentrische Linien und dass diese Linien die Grenzen von verschiedenen, die Zellmembran zusammensetzenden Schichten bilden, erhellt daraus, dass zuweilen diese Schichten, wenn der Querschnitt mit einem nicht ganz scharfen Messer gemacht wird, sich von einander ablösen und der abgeschnittene Theil der Zellmembran unter der Form concentrischer, getrennter Ringe erscheint. Die Färbung dieser Zellen ist oft nicht ganz gleichförmig durch die ganze Dicke der Membran, sondern einzelne der dieselbe zusammensetzenden Schichten sind häufig dunkler gefärbt, als die andern.

Eine zweite bemerkenswerthe Eigenschaft dieser Zellen ist ihre Porosität. Man sieht sowohl auf Quer- als Längenschnitten feine Streifen, welche von der Zellhöhlung gegen die Oberfläche der Zelle hinlaufen.

Stärkere Vergrösserungen lassen darüber keinen Zweifel, dass diese Streifen nichts anderes als Canäle sind, welche die Zellwandung durchbohren. Ihr Durchmesser übertrifft in der Regel $^1/_{2000}$ Linie nicht. Wie es auch sonst bei den Poren des Zellgewebes der Fall ist, so stehen auch hier die Canäle der aneinanderliegenden Zellen einander gegenüber.

Der zweite Bestandtheil des Gefässbündels, welchen ich als *Holz* bezeichnete, besteht aus zwei organischen Systemen, aus Zellgewebe und Gefässen. Das Zellgewebe dieses Holzkörpers besteht aus parenchymatosen, nicht sehr dickwandigen, ungefärbten Zellen. Dieselben sind gewöhnlich etwas in die Länge gestreckt, stehen meistens mit horizontalen Scheidewänden in verticalen Reihen über einander, liegen niemahls in Reihen, welche vom hintersten Puncte des Holzkörpers aus fächerförmig divergiren, sondern bilden ein ohne Ordnung liegendes Parenchym, dessen Zellen sich nur in der Nähe der Gefässe nach der Form und Lage derselben in ihrer Stellung richten. Niemahls enthalten diese Zellen Amylumkörner. Ihre Wandungen sind mit grösseren und kleineren Tüpfeln besetzt, wie die Zellen von Cycas.

Wie schon bemerkt, liegt der Holzkörper beständig auf der innern Seite des Gefässbündels. Beim Uebergange des gefässlosen Faserbündels in den Zustand des Gefässbündels ist es hingegen sehr häufig und beinahe Regel, dass der Holzkörper nicht auf der innern Seite, sondern in der Mitte des Bastbündels liegt. Auch bei den Gefässbündeln der äusseren, harten Schichte des Stamms zieht sich häufig ein schmaler Streifen von Baströhren um die hintere Seite des Holzkörpers herum, so dass er auch hier völlig von Baströhren umschlossen ist.

In andern Fällen verdickt sich die Membran der Holzzellen selbst, welche dadurch, wenigstens auf dem Querschnitte, den Bastzellen ähnlich werden; sie unterscheiden sich jedoch von diesen meistens durch ihr grösseres Lumen und durch etwas dünnere Wandungen und auf dem Längenschnitte dadurch, dass sie gewöhnlich, wenigstens in der Nähe der Gefässe, horizontale Scheidewände besitzen. Es kommt diese Verdickung theils zufällig in den äussern Bündeln vieler Palmenstämme z. B. bei *Kunthia montana* vor, in welchem Falle sie sich alsdann in dem einen Gefässbündel findet, in dem andern fehlt, oder es ist eine allen Bündeln regelmässig zukommende Bildung, was jedoch nur bei *Calamus* der Fall ist. Ungeachtet hier wegen der starken Verdickung ihrer Wandungen eine besondere Aehnlichkeit mit den Bastzellen eintritt, lassen sie sich doch von diesen durch etwas dünnere Wandungen, durch ein grösseres Lumen, so wie dadurch, dass sie (mit Ausnahme der hintersten) in einer mit der Wandung des grossen Gefässes parallelen Richtung in die Breite gezogen sind, unterscheiden. Ihre Wandungen bestehen, wie bei den Baströhren aus mehreren Schichten und besitzen Tüpfelcanäle, welche besonders auf dem Längenschnitte auffallen, indem bei ihrer geringen Entfernung von einander die durchschnittene Zellwandung ein beinahe rosenkranzförmiges Aussehen besitzt, wobei die Beschaffenheit dieser Canäle als Vertiefungen, welche die Zellwandung bis auf die äusserste Schichte durchbohren, deutlich erkannt werden kann.

Die *Gefässe* der Palmen müssen wir in grosse und kleine eintheilen. Jede dieser Arten nimmt, wie aus dem früher Gesagten erhellt, eine bestimmte Stelle im Gefässbündel ein. Die grossen Gefässe zeigen, wenn man sie vom untern faserförmigen Ende des Gefässbündels bis zu seinem Austritte in das Blatt ver-

folgt, an keiner Stelle die Form des Spiralgefässes, sondern die Form des Treppenganges oder des netzförmigen Gefässes. Diese Gefässe bestehen aus ziemlich kurzen, übereinanderstehenden Schläuchen. Diese Zusammensetzung lässt sich bei den sehr weiten Gefässen von *Calamus Draco, Mauritia vinifera* u. s. w. schon mit blosem Auge erkennen, die Länge eines solchen Schlauches beträgt bei den genannten Pflanzen 1—2‴. Die Fläche, in welcher die Schläuche zusammenstossen, ist beinahe niemahls horizontal, sondern meist stark gegen die Achse des Gefässes geneigt. Die Enden der Schläuche liegen in der Regel nicht in der Richtung einer von der Peripherie des Stammes zu seinem Centrum gezogenen Linie hinter einander, sondern seitlich neben einander. Es folgt der Länge nach nicht immer nur ein Schlauch auf den andern, sondern häufig stehen zwei bis drei über einem einzelnen, so dass alsdann im Querschnitt 2—3 Gefässe neben einander erscheinen. Dieses kommt zuweilen schon tief unten im Gefässbündel vor, wo dann häufig weiter oben diese Gefässe wieder in ein einziges zusammenfliessen. Diese Gefässe erreichen zum Theile einen sehr bedeutenden Durchmesser. Im untern Verlaufe der Gefässbündel haben sie zwar kaum den Durchmesser von $^1/_{200}$‴, allein die in der mittlern Strecke des Gefässbündels vorkommenden Gefässe gehören zu den grössten, welche im Pflanzenreiche vorkommen; so zeigen die Gefässe von ***Bactris mitis*** einen Durchmesser von $^1/_{50}$ — $^1/_{25}$‴, die von ***Desmoncus mitis, Oenocarpus minor*** $^1/_{25}$ — $^1/_{17}$‴, von ***Astrocaryum gynacanthum*** $^1/_{17}$ — $^1/_{12}$‴, ***Corypha cerifera*** und ***Mauritia armata*** $^1/_{13}$ — $^1/_{10}$‴, ***Mauritia vinifera*** $^1/_{8}$ — $^1/_{6}$‴, ***Calamus Draco*** $^1/_{7}$ — $^1/_{5}$‴.

Die Wandungen dieser Gefässe zeigen im allgemeinen die Form einer punctirten Röhre [1]). Es ändert sich aber die Beschaffenheit derselben nach der Beschaffenheit der anliegenden Theile. Da dieser Umstand den Phytotomen beinahe gänzlich entgieng, so mag eine genauere Erläuterung desselben hier am Orte sein. Ich habe schon oben darauf hingewiesen, dass beim Zellgewebe auf die Stellung der Tüpfel einer Zelle die Stellung der Tüpfel in der anliegenden Zelle einen bestimmten Einfluss äussere und dass immer die Tüpfel von zwei aneinanderliegenden Zellen einander gegenüberliegen. Dasselbe findet nun auch bei den netzförmigen Gefässen statt. Es ist ein allgemeines Gesetz bei den netzförmigen Gefässen und Treppengängen aller Pflanzen, dass die Tüpfel und Spalten ihrer Wandungen etwas kürzer sind, als die an das Gefäss anstossenden Zellen oder Gefässe breit sind. Da nun die Gefässe in der Regel von langgestreckten Zellen umgeben sind und die auf dem Gefässe senkrecht aufstehenden Seitenwandungen dieser Zellen am Gefässe eine längere Strecke weit senkrecht hinablaufen, so rührt davon die bekannte Erscheinung her, dass die Tüpfel oder Spalten der Gefässe in geraden Reihen übereinander liegen. Bei den Palmen bestehen die Umgebungen der Gefässe in den meisten Fällen aus kurzen, dodecaëdrischen Parenchymzellen; da sich nun dem obigen Gesetze zufolge die Tüpfel nur an denjenigen Stellen des Gefässes ausbilden, an welchen die

1) Ich habe sie im lateinischen Originale durch *vasa porosa* s. *punctata* bezeichnet, weil mir der Ausdruck der netzförmigen Gefässe auf die Art ihrer Punctirung nicht zu passen schien. Da ich aber später fand, dass die Tüpfel der punctirten Gefässe der Dicotylen von den Tüpfeln der Gefässe der Palmen sich dadurch unterscheiden, dass bei jenen zwischen je zwei Tüpfeln eine Höhlung liegt, welche hier fehlt, so wähle ich nun den Ausdruck der netzförmigen Gefässe, um nicht einen neuen Ausdruck bilden zu müssen.

mit der Gefässwandung parallel laufenden Wandungen der benachbarten Zellen angewachsen sind, so zeigen diese Gefässe eine scheinbar unregelmässige gruppenweise Vertheilung der Tüpfel und zwischen diesen Tüpfelgruppen freie Zwischenräume, welche den auf dem Gefässe senkrecht stehenden Seiten- und Querwandungen der anliegenden Zellen entsprechen. In andern Fällen, in welchen langgestreckte Zellen dem Gefässe anliegen, stehen die Tüpfel in senkrechten, regelmässigen Reihen. Wenn zwei Gefässe unmittelbar aneinander stossen, so nehmen an der mit dem andern Gefässe verwachsenen Seitenwandung die Tüpfel die Form von Querspalten an, welche ebenso lang sind, als diese Wandung breit ist, wodurch das Gefäss zum Treppengang wird, während die übrigen, an Zellen anstossenden Seiten die Form der netzförmigen Röhre besitzen. Dieses Verhältniss ist keine den Palmen zukommende Eigenthümlichkeit, sondern findet sich auf dieselbe Weise auch bei den übrigen Pflanzen z. B. sehr deutlich bei den Baumfarnen.

Anm. Es ist übrigens zu bemerken, dass auch Fälle vorkommen, in welchen die Tüpfel nicht die ganze Breite der Wandung des anliegenden Elementarorganes besitzen. Es kommt nämlich nicht selten vor, dass die Tüpfel um vieles kürzer sind und dass sie alsdann regelmässig in horizontalen Linien liegen und mit längeren Spalten gemischt sind. Eine besondere Abweichung von der gewöhnlichen Regel, dass in zwei auseinanderliegenden Gefässen die Tüpfel einander in der Lage, Form und Grösse genau entsprechen, fand ich in einigen Fällen bei *Corypha cerifera*, wo das eine Gefäss mit längeren Spalten besetzt war und das andere diesen Spalten entsprechende Reihen von rundlichen oder elliptischen Tüpfeln besass.

Sowohl die Untersuchung der erwachsenen Gefässe, als die weiter unten zu erörternde Entwicklungsgeschichte derselben beweist, dass die Tüpfel und Spalten keine wirklichen Oeffnungen sind, sondern auf ihrer äussern Seite von einer zarten Membran verschlossen werden. Am deutlichsten lässt sich dieses erkennen, wenn ein Längenschnitt durch die aneinanderliegenden Wandungen zweier Treppengänge geht, in welchem Falle man deutlich erkennt, dass die Spalten wirkliche Vertiefungen in der Gefässwandung und keine Erhöhungen sind, wofür sie von Bernhardi (über Pflanzengefässe 35), Treviranus (Beiträge 22), Meyen (Phytotomie 253) ausgegeben wurden, sondern dass die Zwischenräume zwischen den Spalten Erhöhungen, welche in das Gefäss vorspringen, bilden. Ebenso lässt sich leicht erkennen, dass zwischen den Fasern eine Haut ausgespannt ist, welche die Fasern beider Gefässe unter der Form einer einfachen, dunkeln Linie trennt. Dass diese Membran einen die Fasern einschliessenden Schlauch bildet, zeigt die Entwicklungsgeschichte dieser Gefässe. Sowohl die Tüpfel, als die Spalten zeigen einen deutlichen Hof, welcher aber nicht, wie Mirbel annimmt, durch einen erhabenen Wulst, sondern im Gegentheile dadurch verursacht wird, dass die Ränder der Spalten durch eine schiefe Fläche abgestumpft sind.

Die Verbindungsstelle zweier Gefässschläuche ist in manchen Fällen z. B. bei *Calamus* dadurch bezeichnet, dass jeder Schlauch sich in einen breiten Ring endigt; die beiden aneinanderliegenden Ringe bilden ein das Gefäss umgebendes Band, wie dieses Moldenhawer schon längst für andere Pflanzen nachgewiesen hat. Wenn die Schläuche mittelst solcher Ringe aneinander stossen, so öffnen sie sich frei ineinander. In andern Fällen dagegen, namentlich bei *Desmoncus mitis, Cocus nucifera, Mauritia vinifera, armata, Kunthia montana, Astrocaryum gynacanthum, vulgare, Corypha frigida* zeigen sich an den Verbindungsstellen der Schläuche keine solche Ringe, dagegen finden sich in diesen Fällen Scheidewände. Es ist zwar die Exi-

stenz von solchen von allen Phytotomen durchaus geläugnet worden; nachdem ich aber dieselben nicht nur bei den Palmen, sondern auch bei vielen andern Monocotylen und selbst in manchen Fällen an den getüpfelten Gefässen der Dicotylen hundertfach beobachtet habe, stehe ich nicht an, ihre Existenz auf das bestimmteste zu behaupten. Die Richtung dieser Scheidewände ist in der Regel so, dass man auf einem in der Richtung des Radius des Stammes geführten Längenschnitte dieselbe von ihrer Fläche aus zu Gesichte bekommt. Diese Scheidewände weichen von den übrigen Membranen der Pflanzen durchaus ab, indem sie von einem Netze von dicken Fasern, welche grosse Oeffnungen zwischen sich lassen, gebildet sind. Im Stamme der Palmen, wo diese Scheidewände die Achse des Gefässes in einer schiefen Richtung schneiden und desshalb eine elliptische Form besitzen, haben diese Fasern meistens eine horizontale Richtung. An beiden abgerundeten Enden der Scheidewand erscheinen diese Oeffnungen unter der Form von kleinen Spalten oder Puncten, in der Mitte unter der Form von breiten Spalten oder ovalen Oeffnungen, zu beiden Seiten der Scheidewand liegen ebenfalls kleinere rundliche oder eiförmige Oeffnungen. Jede dieser Oeffnungen ist von einem schmalen Hofe eingefasst. In andern Fällen zeigen die Oeffnungen die Form von schmalen Querspalten, wodurch die Scheidewand vollkommen das Aussehen eines Treppenganges erhält. Die Oeffnungen sind in der Regel wirkliche Oeffnungen, nur selten ist eine dünne Haut über dieselben ausgespannt. Die Fasern der Scheidewand sind doppelt und der Hof hat dieselbe Entstehung, wie bei den Treppengängen. Diese Scheidewände finden sich bei den Palmen sehr häufig; bei vielen Arten jedoch, z. B. bei *Cocos nucifera,* kommen sie nicht an jeder Verbindungsstelle zweier Gefässschläuche vor, sondern diese endigen zum Theile in die beschriebenen Ringe. Um bei der Betrachtung der Palmenwurzel nicht auf diese Scheidewände wieder zurückkommen zu müssen, will ich gleich hier anführen, dass sie in den grossen Gefässen derselben gewöhnlich senkrecht auf der Achse des Gefässes stehen, daher rundlich sind. Sie besitzen in diesem Falle nicht die Form eines Treppenganges, sondern eines Netzes, welches von grossen, rundlichen und vielen kleinen punctförmigen Oeffnungen durchbrochen ist. Der Verlauf der netzartigen Fasern stimmt in den aneinanderliegenden Platten der Scheidewand nicht immer genau überein, wesshalb oft ein Theil der einen in die Oeffnung der andern Platte hervorragt.

In den getüpfelten Gefässen der Dicotylen kommen bekanntlich oft blasenförmige Zellen vor, von welchen Kieser glaubt, dass sie aus derselben Haut, welche die Wandung des getüpfelten Gefässes bildet, bestehen, wesshalb er annimmt (Phytotomie 237), solche Blasen können bei den Monocotylen gar nicht vorkommen. Ich fand jedoch, wenn gleich selten, ähnliche blasenförmige Zellen, wie die der Dicotylen, auch in den grossen Gefässen der Palmen z. B. bei *Corypha cerifera* [1]).

Die Entwicklungsgeschichte dieser Gefässe, welche ich in der keimenden Dattelpalme, in der Stammspitze von *Rhapis flabelliformis* und in der Wurzel vieler Palmenarten untersuchte und mit welcher die

1) Die Entstehung dieser Zellen habe ich bei den Palmen nicht verfolgt. Ohne Zweifel verhalten sie sich wie bei den Dicotylen, bei welchen ich mich nach neueren Untersuchungen nicht zu täuschen glaube, wenn ich annehme, dass sie durch eine Wucherung der anliegenden Zellen, welche durch einen Tüpfel eindringt und die primäre Gefässhaut zerreisst oder aufsaugt, entstehen.

Entwicklung der grossen Gefässe von *Dioscorea, Tamus Elephantipes* etc. völlig übereinstimmt, ist folgende: Im jungen Triebe findet man an den Stellen, an welchen später die grossen Gefässe liegen, vollkommen geschlossene, grosse, cylindrische Schläuche, die aus einer wasserhellen, sehr zarten Membran bestehen. In den etwas älteren Schläuchen sieht man auf ihrer innern Fläche ein Netz von sehr zarten, durchscheinenden Fasern, welche eine horizontale Richtung haben und an den Stellen, welche den Längenscheidewänden der anliegenden Zellen entsprechen, durch senkrechte und schiefe Fasern verbunden sind. In der Regel sind die horizontal laufenden Fasern so angeordnet, dass sie nicht über mehrere Seitenwandungen des Gefässes ununterbrochen fortlaufen, sondern sich endigen, wenn sie eine Längenscheidewand einer anliegenden Zelle erreichen und hier in eine auf und eine abwärts steigende schiefe Faser übergehen, so dass in der geraden Fortsetzung der Faser auf der nächstgelegenen Seitenwandung des Gefässes eine Masche des Fasernetzes liegt. Hieraus erhellt auf das deutlichste, dass diese Gefässe ursprünglich keine Spiralgefässe sind, deren Fasern durch spätere Entwicklung von Querfasern netzartig verbunden werden. Dieses wird daraus noch deutlicher, dass man in vielen Fällen bei der ersten Entstehung des Fasernetzes die Fasern nur erst an einzelnen Stellen ausgebildet antrifft, während an andern Stellen die Gefässwandung noch ganz glatt erscheint. Je älter das Gefäss wird, desto breiter und dicker werden seine Fasern und desto mehr verschmälern sich die Zwischenräume zwischen denselben, bis sie zuletzt nur noch schmale Spalten darstellen. Auf ganz analoge Weise bilden sich auch die Scheidewände aus; bei diesen geht aber meistens die ursprüngliche zarte Membran mit der Zeit in den Maschen des Fasernetzes zu Grunde.

Dass diese Gefässe, wenn sie auch nicht aus der Metamorphose von Spiralgefässen hervorgehen, dennoch zu einem und demselben Systeme mit diesen zu rechnen sind, erhellt daraus, dass bei manchen Monocotylen an der Stelle, an welcher bei den Palmen netzförmige Gefässe liegen, sich Spiralgefässe finden und bei den Gräsern, wie Moldenhawer nachwies, dieselbe Reihe von Schläuchen an bestimmten Stellen sich zu Spiralgefässen, an andern zu porösen Gefässen entwickelt.

Die kleineren, hinter den netzförmigen Gefässen liegende Gefässe haben nie die Form von netzförmigen, sondern immer die von Spiralgefässen oder Ringgefässen, mag der untersuchte Stamm so alt sein, als er will. Die Anzahl der Ringgefässe ist in jedem Gefässbündel nur gering, meistens sind nur Spiralgefässe vorhanden. Wenn sich Ringgefässe finden, so stehen diese immer am weitesten rückwärts im Bündel, während die den grossen Gefässen näher liegenden immer Spiralgefässe sind. Die Windungen dieser Gefässe stehen immer weit auseinander, besonders bei denjenigen, welche von den grossen Gefässen weiter entfernt sind. Von der Anwesenheit einer äussern Membran, welche die Spiralfaser umgiebt, kann man sich leicht überzeugen.

Als den dritten Bestandtheil des Gefässbündels habe ich oben unter dem Namen der *eigenen Gefässe* einen Bündel dünnwandiger Zellen, welcher zwischen Holz und Bast liegt, aufgeführt. Es unterscheidet sich dieser Bündel von den umliegenden Zellen theils durch die zarten Wandungen seiner Elementarorgane, theils dadurch, dass in demselben engere und weitere Zellen untereinander liegen. Dieser Theil bietet der anatomischen Untersuchung theils wegen seiner weichen Beschaffenheit, theils wegen seiner grösseren Durchsichtigkeit bedeutende Schwierigkeiten dar. Es erklärt dieser Umstand auch, warum diese eigenen Gefässe, ob sie

gleich bei den meisten Monocotylen und bei einem Theile der Dicotylen vorkommen, beinahe von allen Phytotomen übersehen wurden, indem Moldenhawer der einzige ist, welcher sie bei *Zea Mays* und *Bambusa* genauer kannte, während Amici sie bei *Calamus* zwar sah, allein ihre Beschaffenheit nicht erkannte und Kieser, der sie ebenfalls bei *Calamus* sah, sie für Spiralgefässe erklärte; Bernhardi und Meyen, welcher letztere diese eigenen Gefässe bei *Scirpus lacustris* und einigen andern Monocotylen fand, hielten sie für Prosenchymzellen und unterschieden sie weder vom Baste noch vom Holze. Auf einem Längenschnitte erkennt man, dass die Zellen dieses Bündels langgestreckt sind und meistens mit horizontalen Scheidewänden übereinanderstehen; zum Theile sind jedoch auch die Scheidewände schief und nicht selten endigen sich auch die Schläuche in eine Spitze. Man kann enge und weite Zellen, welche häufig einen ziemlich stark verschiedenen Durchmesser haben, unterscheiden. Moldenhawer (Beiträge 126) hielt die weiteren Röhren für gewöhnliche Zellen und die engen für eigene Gefässe, welche er mit den Milchsaftgefässen von *Chelidonium, Asclepias* u. s. w. zu demselben Systeme rechnet. So viel meine Untersuchungen zeigten, so kann ich Moldenhawer in dieser Unterscheidung der weiten und engen Röhren nicht beistimmen, indem ich häufig zu sehen glaubte, dass beide einen opaken, etwas dicken Saft enthielten, in welchem eine grosse Menge feiner Körnchen schwamm; ich muss daher beide zu einem Systeme rechnen. Den Saft, den sie enthalten, fand ich nie milchweiss, sondern nur mehr oder weniger trübe. Nie konnte ich in ihm eine Strömung bemerken, sondern nur eine Oscillation der kleinen Körner, welche mir eine blose Molecülarbewegung zu sein schien. Die Scheidewände zwischen den Schläuchen sind vollkommen geschlossen. Im Stamme sind die weiteren und die engeren Röhren ohne Ordnung im ganzen Bündel untereinander gemischt, ein anderes Verhältniss werden wir in der Wurzel treffen. Bei *Calamus* ist der Bündel dieser eigenen Gefässe nicht nur in zwei getrennte Parthien getheilt, sondern es sind auch häufig die engeren Röhren von den weiteren getrennt, da die letzteren häufig einzeln an der Grenze zwischen den Holz- und Bastzellen liegen. Mit dem Namen der eigenen Gefässe habe ich diese Schläuche bezeichnet, weil die Beschaffenheit ihres Inhaltes sie dem unter dem Namen der Lebensgefässe oder Milchsaftgefässe bekannten Systeme am nächsten bringt; dass sie von diesem Systeme verschieden sind, dafür werde ich weiter unten die Beweise bringen. Ueber die Entwicklung derselben kann ich blos das anführen, dass sie bei den Palmen sowohl, als bei den andern Monocotylen der Bildung des Holzkörpers insoferne vorauseilen, als sie, wenn man einen gefässlosen Faserbündel aufwärts bis dahin, wo er einen vollständigen Gefässbündel darstellt, verfolgt, sich früher zeigen, als der Holzkörper selbst. Diese frühere Entwicklung bezieht sich jedoch nur auf den Raum und nicht auf die Zeit. Ueber die Function dieses Systemes getraue ich mir nicht, eine Meinung aufzustellen und begnüge mich für jetzt, die Existenz desselben anatomisch nachgewiesen zu haben.

Vergleichung des Palmenstammes mit dem Stamme anderer Monocotylen.

Den Palmen stehen in Hinsicht auf den Verlauf der Gefässbündel *Dracaena, Aletris* und *Aloë*, in Beziehung auf die Organisation der Gefässbündel die Gräser am nächsten.

Wegen des Baues der Gefässbündel der Gräser verweise ich auf die vortrefflichen Untersuchungen Molden-

HAWER's und erwähne hier nur, dass bei den Gräsern die Gefässbündel nicht nur von der Peripherie gegen das Centrum des Stamms hin an Grösse zunehmen, sondern dass sich hiebei auch der Bau derselben auf analoge Weise, wie bei den Palmen, ändert. Man findet unter der Oberfläche des Stamms gefässlose Faserbündel, dann Faserbündel, welche einen Bündel eigener Gefässe enthalten, diesem schliessen sich Gefässbündel mit netzförmigen Gefässen an, während bei den inneren sich auch kleine Gefässe finden. Die ausgebildeten Gefässbündel z. B. von *Arundo Donax* enthalten zwei grosse Gefässe, umgeben von dünnwandigen Holzzellen, hinter diesen grossen liegt eine Reihe von 2—3 kleinen Gefässen; die hinterste Parthie der Holzzellen besteht aus einer Masse dickwandiger, punctirter Prosenchymzellen, wie dieses auch in den Blättern und andern Organen der Palmen häufig vorkommt. Zwischen dem Holze und Baste liegt ein Bündel eigener Gefässe, deren grosse Zellen meist viereckig sind und zwischen ihren Ecken eine engere Zelle liegen haben.

Eine in mehreren Beziehungen abweichende Bildung der Gefässbündel kommt bei *Dracaena* und *Aloë* vor, von welchen die erstere wegen des von Du Petit-Thouars näher untersuchten Wachsthumes in die Dicke ein besonderes Interesse besitzt. Der Querschnitt lässt im Stamme dieser Pflanzen zwei deutlich verschiedene Schichten erkennen, von denen die innere markartig weich ist und sich mit dem Alter der Pflanzen nicht vergrössert, während die äussere eine feste Masse bildet und mit dem höheren Alter der Pflanze mehr und mehr in die Dicke wächst. Die anatomische Untersuchung zeigt, dass die innere weiche Substanz vollkommen den Bau des Palmenstamms besitzt, indem ihre Gefässbündel auf dieselbe Weise von der Peripherie gegen das Centrum und von diesem in das Blatt laufen. Die äussersten dieser Gefässbündel sind kleiner, arm an Gefässen und stehen enger gedrängt, die inneren bestehen aus mehreren Reihen punctirter Baströhren, einem Bündel eigener Gefässe und einem Holzkörper, welcher von dem der Palmen nur insoferne abweicht, als seine grossen Gefässe nicht isolirt liegen, sondern mit den kleineren Gefässen in der Form eines Halbmondes vereinigt sind. Verfolgt man diese Gefässbündel abwärts, so sieht man sie in die äussere feste Stammschichte eintreten; statt aber wie bei den Palmen unter der Form von feinen Fasern in einem lockeren Zellgewebe am Stamme herabzulaufen, behalten sie, ungeachtet sie ebenfalls ihren Holzkörper verlieren, einen bedeutenden Durchmesser bei, indem die Prosenchymzellen, aus denen sie bestehen, sehr weit sind. In ihrer Mitte enthalten sie einen kleinen Bündel eigener Gefässe. Unter dieser Form laufen sie am Stamme abwärts, wie bei den Palmen, sind aber nicht isolirt, sondern verbinden sich wie die Holzbündel der Dicotylen seitwärts unter einander zu einem Netze. Das Parenchym, in welches sie eingesenkt sind, besteht aus ziemlich dickwandigen, in der Richtung von innen nach aussen gestreckten, getüpfelten Zellen. Diese äussere feste Schichte entspricht also der Faserschichte der Palmen. An der Spitze des Stammes findet sich von derselben noch keine Spur, indem dieselbe aus den unteren Enden der Gefässbündel besteht; je tiefer unten man den Stamm untersucht, desto dicker erscheint diese Schichte, wesshalb auch der Stamm conisch, nicht cylindrisch ist. Die jüngeren Schichten der gefässlosen Faserbündel legen sich auf der äusseren Seite der älteren an, daher verwandeln sich verletzte Stellen des Stammes, über welchen sich keine neuen Schichten anlegen, allmählig in Vertiefungen. Wegen dieser fortdauernden Ablagerung neuer Schichten ist die von Du Petit-Thouars (premier Essai) aufgestellte und in alle botanischen Schriften übergegangene Behauptung, dass der Stamm von

Dracaena, so lange er keine Aeste besitze, nicht in die Dicke wachse, unrichtig, wovon man sich leicht durch Vergleichung jüngerer und älterer Exemplare überzeugen kann; so fand ich, dass der Stamm einer 2′ hohen *Dracaena Draco* nur etwa 1″ dick ist, während 20—30′ hohe Stämme bereits eine Dicke von 4—5″ erreicht hatten, ungeachtet sie keine Aeste besassen.

Aloë besitzt völlig denselben Bau, wie *Dracaena,* nur ist die äussere, feste Schichte im Verhältnisse zum weichen Centrum sehr dünn; sie war bei einem 2″ dicken Stamme von *Aloë glauca* nur 2‴ dick, während sie bei einem 2″ dicken Stamme von *Dracaena Draco* bereits 6‴ dick war. Die Gefässbündel von *Aloë* gleichen denen der Palmen schon weniger, denn es sind die Gefässe ohne Ordnung im Holzkörper zerstreut, jedoch besitzen ebenfalls die vorderen die Form von netzförmigen Gefässen, die hinteren die von Spiralgefässen.

Vergleichen wir den Stamm der übrigen Monocotylen mit dem der Palmen in Beziehung auf den Verlauf und die Organisation der Gefässbündel, so werden wir (mit Ausnahme der am niedrigsten stehenden Formen) bei allen, wenn auch keine so grosse Aehnlichkeit wie bei *Dracaena,* dennoch eine grosse Analogie finden. Es ist nämlich allen Monocotylen gemein, dass an der Peripherie des Stamms gefässlose Bündelchen liegen, während die weiter einwärts gelegenen einen Bündel eigener Gefässe enthalten, auf welche mit wenigen und kleinen Gefässen versehene Gefässbündel folgen, während die ausgebildeten gegen die Mitte des Stammes zu liegen.

In Beziehung auf ihren näheren Bau zeigen diese Gefässbündel zwar mehr oder weniger grosse Abweichungen von denen der Palmen, es lässt sich aber dennoch nicht verkennen, dass sie alle nach einem und demselben Typus gebaut sind. Im allgemeinen ist die Bastschichte weit nicht in dem Grade entwickelt, wie bei den Palmen, indem bei vielen nur die äusseren kleinen Bündel eine Umgebung von dickwandigen Prosenchymzellen zeigen, während die inneren Bündel nur wenige, dünnwandige, weite, auf dem Querschnitte kaum von den Parenchymzellen und eigenen Gefässen zu unterscheidende Bastzellen besitzen z. B. *Asparagus officinalis, Lilium bulbiferum, Orchis militaris, Sagittaria sagittifolia.* Wenn die inneren Bündel auch noch dickwandige Bastzellen besitzen, so sind diese doch in sehr geringer Menge vorhanden und bilden nur einen schmalen Halbmond. Zuweilen besitzen dieselben auch einen so grossen Durchmesser bei verhältnissmässig dünnen Wandungen, dass häufig nur die Stellung dieser Zellen und ihre stärkere Entwicklung in den äussern Bündeln sie als das bei den Palmen so sehr entwickelte Organ erkennen lassen z. B. *Musa paradisiaca, Hemerocallis flava, Tulipa gesneriana, Fritillaria imperialis, Ruscus Hypophyllum, Iris sibirica, Epidendron elongatum, Aloë Commelini, Scirpus lacustris.*

Die eigenen Gefässe kommen in der ganzen Reihe der Monocotylen vor und liegen an derselben Stelle zwischen dem Baste und dem Holze, wie bei den Palmen, sie besitzen auch denselben Bau und enthalten denselben opaken Saft. In manchen Pflanzen sind sie in Hinsicht auf Zahl und Grösse weit mehr entwickelt, als bei den Palmen z. B. bei *Asparagus officinalis,* wo einzelne, gegen die innere Seite des Bündels gelegene eine ungemein weite Höhlung zeigen. Bei *Musa paradisiaca* bilden die eigenen Gefässe mit ihrer schmalen Umhüllung von Bastzellen einen grossen, vor dem Holzbündel abgesondert liegenden und demselben an Grösse nicht viel nachstehenden Bündel. Auch bei *Dioscorea villosa* und *Tamus* entwickeln sich einige der nach innen zu liegenden Gefässe zu einer ungewöhnlichen Grösse. Bei *Sagittaria sagittifolia* bilden die eigenen Gefässe etwa die Hälfte des ganzen Gefässbündels, sie sind hier schwer von den umliegenden Zellen zu unterscheiden, da diese ebenfalls sehr dünne Wandungen haben.

Der Holzkörper besteht, wie bei den Palmen, aus mehr oder minder langgestreckten Parenchymzellen; seine Gefässe können ebenfalls in grosse und kleine eingetheilt werden, es sind jedoch bei den meisten Monocotylen die grossen von den kleinen Gefässen in ihrer Stellung nicht so abgesondert, sondern meistens liegen alle Gefässe aneinander. Es tritt jedoch auch hier eine Aehnlichkeit mit dem Gefässbündel der Palmen insoferne ein,

als die grossen Gefässe vornen und zu beiden Seiten, die kleinen hinten und zwischen den ersteren liegen, so dass die Gesammtmasse der Gefässe einen mehr oder weniger regelmässigen, nach vorn geöffneten Halbmond bildet z. B. bei *Asparagus officinalis, Convallaria Polygonatum, Lilium bulbiferum.* In allen diesen Fällen sind die grossen, zu beiden Enden des Halbmondes gelegenen Gefässe netzförmige Röhren, während die kleineren, weiter rückwärts liegenden die Form von Treppengängen und die kleinsten, hintersten die Form von Spiral- oder Ringgefässen haben. Eine Ausnahme von dieser Anordnung macht *Ruscus Hypophyllum*, bei welchem die grössten Gefässe nach innen und hinten liegen. Eine Folge dieser halbmondförmigen Stellung der Gefässe ist es, dass der Bündel eigener Gefässe zwischen die Hörner des Halbmondes zurücktritt und somit vom Holze halb umschlossen wird z. B. bei *Asparagus, Convallaria Polygonatum, Lilium bulbiferum.* Im höchsten Grade ist dieses bei *Tamus* und *Dioscorea* der Fall, wo die eigenen Gefässe so sehr zwischen den von den Gefässen gebildeten Halbmond zurückgezogen sind, dass die grossen Gefässe vor dem Bündel der eigenen Gefässe wieder zusammentreten.

In der ungewöhnlichen Form dieser Gefässbündel mag eine Entschuldigung liegen, wenn ich etwas näher auf den Bau derselben eingehe. Es liegen die Gefässbündel dieser Pflanzen in zwei Kreisen, die mit einander alterniren, die des innern Kreises sind bedeutend grösser. Jeder dieser Gefässbündel besteht aus einer Vereinigung von drei Gefässbündeln. Der eine und grösste derselben nach innen gelegene besteht aus einem Halbmonde von Gefässen, von denen die vordersten und grössten fein getüpfelte netzförmige Gefässe sind, während nur die hintersten und kleinsten die Form von Spiralgefässen besitzen. Diesem Gefässbündel gehören die eigenen Gefässe an. Vor demselben befinden sich zwei Gefässe von ziemlicher Grösse, welche in vielen Fällen durch eine Anzahl kleinerer Gefässe ebenfalls zu einem Halbmonde verbunden sind, dessen Convexität nach aussen gerichtet ist. Hinter diesen Gefässen liegt ein zweiter Bündel eigener Gefässe. Es ist also deutlich, dass jeder dieser Gefässbündel aus einer Verschmelzung von zwei Gefässbündeln gebildet ist. Es erhellt nun aus der Bildung der Gefässbündel des äusseren Kreises und der in den dünnsten Zweigen von *Tamus Elephantipes* gelegenen, dass der äussere und kleinere dieser Gefässbündel ebenfalls aus zwei Gefässbündeln zusammengesetzt ist. In den Gefässbündeln des äussern Kreises ist nämlich der von den Gefässen des nach innen gewendeten grösseren Bündels gebildete Halbmond weiter geöffnet und der vordere Gefässbündel in zwei Bündel zerfallen, von welchen jeder an seiner innern Seite einen Bündel eigener Gefässe besitzt. In den Zweigen von *Tamus Elephantipes* nähert sich der Bau dem bei den Monocotylen gewöhnlichen noch mehr, indem der kleinere Gefässbündel entweder gänzlich fehlt, oder wenn er vorhanden ist, ebenfalls in zwei Theile getrennt ist, welche aber nicht wie im Stamme gegen den grossen Gefässbündel convergiren, sondern ihre Bündel eigener Gefässe auf ihrer äusseren Seite liegen haben.

Bei den bisher aufgezählten Formen fällt die Analogie des Gefässbündels mit dem der Palmen so sehr in die Augen, dass es keiner weitern Nachweisung in dieser Beziehung bedarf. Etwas weiter entfernen sich diejenigen Formen, bei welchen die verschiedenen Gefässe beinahe denselben Durchmesser zeigen z. B. bei *Hemerocallis flava, Tulipa gesneriana, Fritillaria imperialis, Orchis militaris, Iris sibirica, Aloë Commelini;* allein auch hier sind die vordersten Gefässe beständig netzförmige, die hinteren Ring- und Spiralgefässe.

Es mag nicht überflüssig sein, einer Bildung zu erwähnen, welche leicht Veranlassung zu Irrungen geben kann. In den Gefässbündeln mancher Wasserpflanzen findet sich ein Luftcanal, welcher keine eigene Wandungen besitzt z. B. bei *Alisma Plantago, Sagittaria sagittifolia, Scirpus lacustris, Cyperus Papyrus.* Untersucht man diese Gewächse blos mittelst eines Querschnittes, so kann man diesen Canal leicht für ein Gefäss halten, wie es auch Bernhardi (über Pflanzengefässe. p. 16. bei *Alisma*) und Meyen (Phytot. Tab. VI. fig. 1. bei *Scirpus*) ergangen ist. Durch diesen Canal wird die ganze Form des Gefässbündels verändert. Dieses ist bei *Scirpus* und *Cyperus* weniger der Fall, wo der Gefässbündel im allgemeinen dem der Gräser sehr ähnlich ist; allein bei *Sagittaria*, wo viele Gefässe von ziemlich gleicher Grösse vorhanden sind, bequemen sich diese in ihrer Lage nach dem Luftcanale und bilden einen nach aussen zu convexen Halbmond, der von einem grossen Bündel eigener Gefässe umschlossen wird. Bei *Alisma Plantago* ist es derselbe Fall, nur liegt ein Theil der Gefässe auch in der Holzmasse unregelmässig zerstreut. Eigene Gefässe fand ich im Gefässbündel dieser Pflanze nicht, sondern die Baströhren schliessen sich unmittelbar an das Holz an.

Wie schon oben bemerkt wurde, so zeigen die grossen Gefässe der Monocotylen in der Regel die Form von netzförmigen Gefässen. Dass dieses jedoch nicht ohne alle Ausnahme gelte, zeigen die musterhaften Unter-

suchungen MOLDENHAWER's über den Gefässbau der Gräser. Bei diesen sind jedoch die Gefässe noch dem grössten Theile ihres Verlaufes nach netzförmig; bei andern Gewächsen zeigen dieselben die Form von Spiralgefässen. So findet sich in dem Blattstiele von *Musa paradisiaca* in der Mitte des Holzbündels ein sehr grosses Gefäss, an dessen Stelle man in den mittleren Gefässbündeln des Stammes drei bis vier Gefässe findet. In der Regel zeigt nun diesses Gefäss die Form eines aus vielen parallelen Fasern gebildeten Spiralgefässes und nur in seltenen Fällen z. B. in dem untersten Theile der Blattscheide und im Rhizome fand ich die Fasern dieses Gefässes unter einander verwachsen und dieses häufig nur an einzelnen Stellen. Auf gleiche Weise finden sich im Stamme von *Typha angustifolia, Sparganium ramosum,* im Blattstiele von *Calla aethiopica* in der Regel nur Spiralgefässe.

Ueber das Zellgewebe des Monocotylenstammes will ich nur wenige Worte beifügen. Es besteht aus grossen, meistens dünnwandigen, doch auch häufig mit vielen Tüpfeln versehenen Zellen, welche Intercellulargänge zwischen sich lassen und alle Uebergänge von der polyëdrischen Form in die cylindrische zeigen. Diese Zellen nehmen gegen die Oberfläche des Stammes hin einen geringeren Durchmesser an, womit Verdickung ihrer Wandungen verbunden ist. Diese Verdickung geht bei vielen Monocotylen z. B. bei *Arundo Donax, Ruscus Hypophyllum, Asparagus officinalis, Convallaria Polygonatum, Lilium bulbiferum, Iris sibirica, Dioscorea villosa, Tamus Elephantipes, Sparganium ramosum, Triglochin palustre, Alisma Plantago* an der Stelle, wo die äussersten Gefässbündel liegen, so weit, dass dadurch ein fester Ring um den Stamm gebildet wird. Wegen ihrer verdickten Wandungen, ihres engen Durchmessers und in die Länge gestreckten Form haben diese Zellen Aehnlichkeit mit Bastzellen, man würde sich jedoch sehr irren, wenn man diesen Ring mit dem Baste der Dicotylen vergleichen wollte, denn 1) giebt es manche Pflanzen z. B. *Fritillaria imperialis, Tulipa gesneriana,* bei welchen diese Zellen weit und weniger dickwandig sind und einen deutlichen Uebergang zu den Parenchymzellen bilden, 2) ist dieser Ring auf seiner innern Seite nicht scharf begrenzt, sondern geht allmählig in das Parenchym des Stammes über, 3) ist das Verhältniss zu den Gefässbündeln und Blättern ein ganz anderes, als das der Bastbündel der Dicotylen zu denselben, 4) zeigen viele krautartige Dicotylen diesen Ring und neben demselben noch Bastbündel. Aus diesen Gründen ist es nicht zu billigen, wenn LINK (Grundlehren 143. Elem. phil. bot. 140) diesen Ring für Bast erklärt, eine Ansicht, welche auch KIESER (Phytot. 72) ausspricht. Dieser Ring ist auf seiner äusseren Seite sehr scharf abgeschnitten und von einem regelmässigen Parenchyme, welches die Rinde vorstellt, umgeben.

Ich habe mich schon oben dahin ausgesprochen, dass die in den Gefässbündeln liegenden eigenen Gefässe nicht zu dem Systeme der Milchsaftgefässe, in welchen bei *Chelidonium, Asclepias, Euphorbia, Musa, Ficus* u. s. w. der sogenannte Lebenssaft enthalten ist, zu rechnen seien. Es erhellt dieses daraus, dass die Lebenssaftgefässe nicht an der Stelle vorkommen, an welcher bei den Monocotylen jene eigenen Gefässe liegen, indem die ersteren in den Zwischenräumen des Zellgewebes, vorzugsweise in der Nähe der Gefässbündel, im Marke und in der Rinde, meistens vereinzelt liegen. Hauptsächlich wird es aber dadurch bewiesen, dass es manche Monocotylen giebt, in welchen diese beiden Arten von Gefässen unabhängig von einander, jedes an der ihm zukommenden Stelle, vorkommen und dass in diesem Falle beide Arten von Gefässen einen ganz verschiedenen Saft führen. So ist z. B. aus MOLDENHAWER's Untersuchungen (Beiträge 134) bekannt, dass bei *Musa* in der Nähe der Gefässbündel im Parenchyme Milchsaftgefässe liegen, deren Saft, wie der von *Sambucus*, eine rothe Farbe annimmt, und welche auch von SCHULTZ als Lebenssaftgefässe anerkannt werden (Natur d. leb. Pfl. I. 537). Diese Gefässe unterscheiden sich nun von den im Gefässbündel liegenden eigenen Gefässen durch die verschiedene Lage und durch die rothe Färbung ihres Inhaltes, welche Farbe der Saft der eigenen Gefässe niemahls annimmt. Nicht weniger deutlich unterscheiden sich bei *Sagittaria* die im Gefässbündel liegenden eigenen Gefässe von den im Parenchyme des Blüthenstiels und Blattstiels zerstreuten Milchsaftgefässen, indem die letzteren einen milchigen, die ersteren einen sehr hellen Saft führen. Ebenso sind bei *Alisma Plantago* die mit Milchsaft gefüllten Gefässe von den Gefässbündeln gänzlich getrennt.

Vergleichung des Gefässbündels der Palmen mit dem der Dicotylen.

Um den Zusammenhang der Organisation der Palmen mit der der Dicotylen in ein helleres Licht zu setzen und um die Gründe näher anzugeben, aus welchen ich die verschiedenen Theile des Gefässbündels

der Palmen mit dem Ausdrucke des Bastes und des Holzes bezeichnete, wird eine Vergleichung des Gefässbündels der Palmen mit dem der Dicotylen nöthig, indem bei dem letzteren über die richtige Deutung seiner Theile kein Zweifel stattfinden kann.

Bei den krautartigen Dicotylen stehen die Gefässbündel in einem Kreise und sind durch mehr oder minder breite Streifen von Parenchymzellen von einander getrennt; als Beispiel hievon mag der Gefässbündel von *Laserpitium aquilegifolium* dienen. Wir finden in demselben eine grosse Menge unregelmässig vertheilter Gefässe, von welchen die grösseren nach aussen, die kleineren nach innen zu liegen; die äusseren Gefässe sind poröse Röhren und Treppengänge, die hinteren Spiralgefässe. Das Zellgewebe, in welches die Gefässe eingesenkt sind, besteht aus dünnwandigen langgestreckten Zellen und nur in den äussersten Theilen des Holzkörpers finden sich enge, dickwandige Zellen. Der hinterste Theil des Gefässbündels enthält ebenfalls dickwandige Zellen. Vor dem Gefässbündel liegt ein Bündel von Bastzellen, welcher zu beiden Seiten durch einen Fortsatz mit dem Holzbündel zusammenhängt; zwischen dem Holz und dem Baste liegt ein Bündel eigener Gefässe. Es erhellt hieraus, dass diese Gefässbündel durchaus denselben Bau, wie der Monocotylengefässbündel besitzen und es findet sich nur der Unterschied, dass sich der Holzkörper auf seiner äussern Seite durch Anlagerung neuer Schichten allmählig mehr und mehr vergrössert. Ebenso ist das Verhältniss des Gefässbündels zum umgebenden Parenchyme völlig dasselbe, wie wir es oben bei den mit einem äussern Ringe dickwandiger Zellen versehenen Monocotylen fanden. Die grossen dünnwandigen Parenchymzellen des Stammes, welche zwischen den Gefässbündeln breite, den Markstrahlen der Bäume entsprechende Fortsätze zur Rinde schicken, werden allmählig zwischen den vorderen Theilen der Gefässbündel dickwandig und nähern sich in ihrer Form ziemlich den Bastzellen.

Untersuchen wir den jungen Trieb von *Aristolochia Sipho,* so werden wir auch hier eine grosse Aehnlichkeit der Gefässbündel mit denen der Dicotylen finden, indem der Holzkörper aus einem dünnwandigen Parenchyme, dessen Zellen in keiner bestimmten Ordnung liegen, besteht. Im hintern Theile des Gefässbündels finden sich kleine Spiralgefässe, nach vorn zu grosse, punctirte Gefässe. Erst vor diesen grossen Gefässen fangen nun, wenn sich bei weiterem Wachsthume der Holzkörper vergrössert, die Holzzellen an sich in regelmässige Reihen zu ordnen. Vor dem Holze liegt ein grosser Bündel eigener Gefässe, welche sich durch ihre dünnen Wandungen und durch den Mangel an Chlorophyllkörnern leicht vom Parenchym des Stammes unterscheiden lassen. Vom Gefässbündel der Monocotylen unterscheidet sich dieser Gefässbündel dadurch, dass der Bast nicht unmittelbar mit den Gefässbündeln in Verbindung steht, sondern die Bastbündel untereinander zu einer wellenförmigen Linie verwachsen und durch einige Zellgeweblagen von den eigenen Gefässen getrennt sind. Den gleichen Bau finden wir beim Gefässbündel von *Menispermum canadense.*

Vergleichen wir den Gefässbündel der Monocotylen mit dem der dicotylen Bäume, so werden wir auch hier eine grosse Aehnlichkeit finden, indem in dem hintern Theile des Holzes die Zellen dünnwandig sind und ohne Ordnung liegen. Die kleinsten Gefässe liegen am weitesten nach hinten und sind Spiralgefässe, weiter nach vorn liegen grössere Treppengänge und auf diese folgen die grossen punctirten Gefässe. Erst vor

diesen entwickelt sich der härtere Theil des Holzes, welcher aus dickwandigen, in regelmässigen Reihen liegenden Zellen und punctirten Gefässen besteht.

Es erhellt aus dem Gesagten aufs deutlichste:

1) dass der Gefässbündel der Monocotylen dieselbe Zusammensetzung zeigt, wie sie der Gefässbündel der Dicotylen in seiner frühesten Jugend besitzt.

2) Dass der Theil des Palmengefässbündels, welchen ich, ungeachtet er keine holzartige Festigkeit besitzt, mit dem Ausdrucke des Holzes bezeichnete, auf das genaueste mit dem innersten Theile des Holzkörpers der Dicotylen, welchem Hill den Namen der *Corona* beilegte, entsprechen.

3) Dass ebenfalls bei manchen Dicotylen zwischen dem Baste und Holze ein Bündel eigener Gefässe liegt; ausser den genannten Pflanzen kann man einen solchen bei *Spiraea Ulmaria, Aruncus, Fumaria officinalis, Echinops, Mimosa pudica* finden.

4) Dass der bei den Monocotylen vor diesem Bündel eigener Gefässe liegende, aus Prosenchymzellen bestehende Theil nicht zu dem Holze zu rechnen, sondern als der Bast dieser Pflanzen zu betrachten ist.

Als Unterschiede dieser Bildungen müssen dagegen genannt werden:

1) Dass bei den Dicotylen die Bildung des Gefässbündels mit der Entwicklung der Corona nicht geschlossen ist, wie bei den Monocotylen.

2) Dass man bei den wenigsten Dicotylen zwischen Bast und Holz einen Bündel eigener Gefässe findet.

3) Dass bei den meisten Dicotylen der Bastbündel von dem Holzbündel durch einige Zellenlagen getrennt ist, dass er nicht an verschiedenen Stellen des Gefässbündels so verschiedene Entwicklungsgrade zeigt und dass er niemahls eine so bedeutende Härte und Grösse erreicht, wie bei vielen Monocotylen.

Es ist oben darauf aufmerksam gemacht worden, dass bei manchen Monocotylen sich ausser den eigenen Gefässen noch Milchsaftgefässe finden, ein gleiches findet bei manchen Dicotylen statt z. B. bei den Umbelliferen, wo neben den im Holzbündel liegenden eigenen Gefässen noch im Marke und in der Rinde Milchsaft führende Gefässe liegen, wie denn überhaupt die Milchsaftgefässe der Dicotylen z. B. bei *Euphorbia, Asclepias, Morus, Acer, Sambucus* beinahe nie im Gefässbündel selbst, sondern nur in seiner Nähe in der Rinde und im Marke liegen (vrgl. Bernhardi über Pflanzengefässe 53, Treviranus Beiträge 44, Moldenhawer 126).

Vergleichung des Palmenstammes mit dem Stamme der Dicotylen.

So lange man an die Richtigkeit der Desfontaine'schen Theorie, dass die jüngeren Gefässbündel des Palmenstammes im Centrum entstehen, glaubt, kann man keine Parallele zwischen dem Stamme der Palmen und der Dicotylen ziehen, da diese Stämme in jeder Beziehung blos Unterschiede, aber keine Aehnlichkeit zeigen würden. Nun aber, da der Verlauf der Gefässbündel ein ganz anderer ist, als bisher angenommen wurde, und da ihr Bau völlig mit dem Bau der Gefässbündel der Dicotylen übereinstimmt, scheint mir eine Vergleichung zwischen den Stämmen dieser zwei grossen Pflanzenclassen auf eine sehr ungezwungene Weise angestellt werden zu können.

Obgleich auf dem Querschnitt eines Palmenstammes die zu jedem einzelnen Blatte gehörenden Gefässbündel nicht von den übrigen unterschieden werden können, da die Lage in concentrischen Kreisen (welche

wegen des gleichen Verlaufes, welchen alle zu demselben Blatte gehenden Gefässbündel zeigen, denselben zukommen sollte) mannigfach gestört ist, so können wir uns doch die zu jedem Blatte gehenden Gefässbündel in eine röhrenförmige Schichte vereinigt denken. Diese Röhre ist jedoch nicht cylindrisch, sondern bildet einen langen Conus. So lange das Blatt, welches von diesen Gefässbündeln versehen wird, das oberste ist, so lange bildet die aus seinen Gefässbündeln bestehende, conische Röhre die äusserste Schichte des Stammes. Wenn sich aber ein neues höheres Blatt entwickelt, so bilden die zu diesem Blatte gehenden Gefässbündel eine neue Schichte, welche sich auf der äussern Seite der letzten Schichte entwickelt. Da nun aber die Spitzen dieser kegelförmigen Schichten nicht geschlossen sind, sondern da die Gefässbündel, aus denen sie bestehen, von dem Centrum des Stammes wieder auswärts laufen, um in die Blätter zu gelangen, so entsteht dadurch die oben beschriebene Kreuzung, welche zwischen den in ein Blatt austretenden und allen späteren zu jüngeren Blättern verlaufenden Gefässbündeln stattfindet.

Vergleichen wir hiemit die Bildung des einjährigen Astes eines dicotylen Baumes, über welche wir Du Petit-Thouars (Histoire d'un morceau de bois) treffliche Untersuchungen verdanken, so werden wir einen sehr ähnlichen Verlauf der Gefässbündel treffen. Es treten nämlich die zu den untersten Blättern desselben verlaufenden Gefässbündel, welche im untersten Theile des Astes die Corona gebildet haben und welche wir durch *A* bezeichnen wollen, in einem Bogen in das Blatt auswärts und es liegen die Gefässbündel, welche die nächsten höher gelegenen Blätter versehen (*B*), mit ihrem untern Theile auf der äussern Seite der Gefässbündel *A* bis zu der Stelle, wo sich die letztern in das Blatt auswärts biegen und bilden alsdann den höher oben gelegenen Theil der Corona, bis auch sie in das Blatt auswärts treten. Wir sehen also, dass der Verlauf der Gefässbündel in dem Palmenstamme und in dem einjährigen Aste der Dicotylen völlig derselbe ist und dass die Vorstellung einer verschiedenen Vegetationsweise derselben und eine hierauf begründete Abtheilung der Gewächse in *Endogenen* und *Exogenen* völlig naturwidrig ist.

Den Bau des einjährigen Astes der Dicotylen fand ich immer so, wie ich ihn hier beschrieben, ich kann daher der Beschreibung, welche Schweigger (Beobacht. auf naturhist. Reisen. 107) gab, nach welcher bei den Dicotylen die oberen Blätter von den inneren, die unteren von den äusseren Gefässbündeln versehen werden, nicht beistimmen.

Wir dürfen ungeachtet jener Aehnlichkeit nicht übersehen, dass in der Organisation und im Wachsthume der Dicotylen und Monocotylen noch sehr bedeutende Verschiedenheiten stattfinden. Bei dem einjährigen Dicotylenstamme sind die zu den höheren Blättern gehenden Gefässbündel mit ihrem untern Theile zwischen den Bast und das Holz der älteren eingeschoben. Es verwächst hiebei das Holz der jüngeren mit dem der älteren, während in vielen Fällen die Bastbündel derselben isolirt bleiben. Hiedurch wird das Holz am untern Ende des Stammes dicker und der ganze Stamm erhält eine conische Form. Bei den Palmen dagegen, in deren Gefässbündel der Bast und das Holz in der innigsten Verbindung stehen, sind die unteren Theile der jüngeren Gefässbündel niemahls zwischen das Holz und den Bast der älteren eingeschoben, sondern liegen isolirt im Zellgewebe des Stammes, der Peripherie desselben näher, als die älteren Bündel. Desshalb zeigt auch weder der Bast noch das Holz der älteren Bündel eine Anlagerung von neuen Theilen, sondern sie verharren für immer auf der Entwicklungsstufe, die sie bei ihrer ersten Ausbildung erreicht haben.

Dass bei den Monocotylen die Gefässbündel sich nicht seitlich unter einander zu einem Netze verbinden, wie bei den Dicotylen, dürfen wir nicht als einen durchgreifenden Unterschied betrachten, da sich auf der einen Seite bei *Dracaena*, *Aletris* u. s. w. die Faserbündel der äusseren Schichte auf diese Weise unter einander verbinden und auf der andern Seite bei einem Theile der krautartigen und selbst auch bei manchen holzartigen Dicotylen z. B. bei *Rosa, Rubus* diese seitlichen Verbindungen der Gefässbündel fehlen.

Die Erscheinung, dass der Palmenstamm nur wenig in die Dicke wächst, welche auf den ersten Anblick eine grosse Verschiedenheit seines Wachsthumes von dem der Dicotylen anzuzeigen scheint, erklärt sich leicht aus der geringen Dicke des unteren Theiles seiner Gefässbündel. Dass derselbe gar nicht in die Dicke wachse, ist nicht vollkommen richtig, indem derselbe allerdings ein schwaches Wachsthum in die Dicke zeigt; diese Vergrösserung des Durchmessers findet bei manchen Palmen, z. B. bei *Areca oleracea, Iriartea ventricosa* nicht sowohl am untersten Ende des Stammes, als vielmehr höher oben am Stamme statt, wodurch dieser eine spindelförmige Gestalt erhält. Da der untere Theil der Gefässbündel nicht dicker, als ein Haar ist, so wird begreiflich, wie Tausende derselben unter der Rinde des Stammes sich bilden können, ohne dass der Durchmesser desselben um mehr als einen Zoll zuzunehmen braucht, was ein so geringes Wachsthum ist, dass es ganz übersehen wird.

Dass die Faserbündel bei *Dracaena* sich stärker entwickeln und dass alsdann der Stamm wie bei den Dicotylen in die Dicke wachse, habe ich schon oben berührt. Es erhellt aus dem Umstande, dass diese in der äusseren Schichte liegenden Bündel von *Dracaena* nichts anderes, als die unteren Endigungen der Gefässbündel des Stammes sind, auf das deutlichste, dass man das Wachsthum und die Entwicklung derselben nicht als verschieden von dem Wachsthume der Spitze und des Centrums betrachten darf und dass die Vorstellung eines doppelten Wachsthumes, welche Mirbel (Annal. du Muséum XIII. 67) bei *Dracaena, Yucca, Aloë, Ruscus, Smilax, Dioscorea, Tamus* zu finden glaubte, nicht weniger unrichtig ist, als die Vorstellung der centralen Vegetation, welche man allgemein den Monocotylen zuschreibt.

Anm. 1. Ich habe schon oben berührt, dass bereits Moldenhawer sich gegen die Richtigkeit der Ansicht von Desfontaines ausgesprochen habe. Moldenhawer unterschied auf dieselbe Weise, wie es oben geschehen ist, an jedem Gefässbündel von *Zea Mays* und *Bambusa,* an welchen Pflanzen er hauptsächlich seine Untersuchungen anstellte, Bast, eigene Gefässe und Holz, auch fand er, dass bei den Gräsern und Palmen die jüngeren Blätter von den äusseren, die älteren von den inneren Gefässbündeln versehen werden (Beiträge p. 50).

Soweit stimmen also unsere Untersuchungen vollkommen überein; sie weichen dagegen in Hinsicht auf die gefässlosen Faserbündel und auf die Entstehung des Holzes in manchen Puncten von einander ab, wovon ohne Zweifel der Grund darin liegt, dass Moldenhawer versäumte, denselben Gefässbündel an verschiedenen Stellen seines Verlaufes zu untersuchen, wesshalb ihm die Veränderungen seiner Form und seines Baues unbekannt blieben. Moldenhawer giebt nämlich an, dass sowohl bei den Gräsern als bei den Palmen sich unter der Rinde gefässlose Faserbündel bilden, und glaubt, dass kurze Zeit nach ihrer Bildung sich auf der innern Seite derselben eigene Gefässe und später der Holzkörper anlegen und dass auf diese Weise der gefässlose Faserbündel zum Gefässbündel werde. Diesen Vorgang kann ich nicht bestätigen, indem der Uebergang des gefässlosen Faserbündels in den Gefässbündel nur ein räumlicher ist, sich aber nicht auf die Entwicklung desselben bezieht; es bleibt der untere Theil eines jeden Gefässbündels für immer im Zustande eines gefässlosen Bündels von Prosenchymzellen, während der obere Theil desselben auch in seiner früheren Jugend nicht unter der Form eines Bastbündels erscheint, sondern schon zu einer Zeit, in welcher er noch von gallertartiger Weichheit ist, die Anlage zu allen den Theilen, die er später enthält, in demselben erkennbar ist.

Moldenhawer giebt ferner an, dass bei den Palmen, ausserdem, dass jeder Gefässbündel seinen eigenen Bast

besitze, noch ein allgemeiner Bast vorhanden sei, welcher unter der Rinde liege (l. c. p. 56); es finde sich nämlich bei *Phoenix* und andern Palmen zwischen der Holzlage und der Rinde eine Scheidungslinie, von welcher einwärts sich diejenigen Faserbündel entwickeln, welche sich in Gefässbündel verwandeln, ausserhalb derselben hingegen diejenigen, welche nur fibrose Zellen enthalten, welche letztere dem Baste der Bäume zu vergleichen seien. Dieser Ansicht scheint allerdings eine richtig beobachtete Thatsache zu Grunde zu liegen. Ich habe schon oben bemerkt, dass bei vielen Palmen, besonders bei den cocosartigen Stämmen die Rinde sich allmählig und auf eine unregelmässige Weise dadurch verdickt, dass grössere oder kleinere Parthien des Zellgewebes, in welche die fibrosen Bündel eingesenkt sind, dicke Wandungen bekommen und einen festen, wie es scheint, todten Ueberzug bilden. Bei dieser Veränderung des äussern Theiles der Faserlage können sich nun die neu sich bildenden Fasern nicht auf der äussern Seite der älteren entwickeln, sie müssen daher im Innern der Faserlage entstehen und es kann auf diese Weise die Sache Aehnlichkeit mit der Bastbildung der Dicotylen erhalten. Es kommt aber ausserdem noch ein zweiter Umstand in Betracht, welcher noch leichter Veranlassung dazu geben könnte, die Moldenhawer'sche Ansicht, dass die Palmen einen allgemeinen Bast besitzen, wahrscheinlich zu machen. Bei denjenigen Arten nämlich, bei welchen die äussere Faserlage sehr dick ist, wie bei *Cocos*, findet man bei Verfolgung ihrer gefässlosen Faserbündel, dass nicht alle in das Innere des Stammes eintreten und sich in Gefässbündel verwandeln, sondern dass ein Theil derselben unmittelbar in den Blattstiel übergeht. Da aber diese Faserbündel sich im Blattstiele ebenfalls in Gefässbündel verwandeln, so können sie nicht als Bastbündel, die dem Baste der Dicotylen entsprechen, betrachtet werden.

Anm. 2. Es muss noch ein Umstand berührt werden, welcher bei manchen Palmen vorkommt und auf den ersten Blick mit der oben auseinandergesezten Theorie ihres Wachsthums nicht zu harmoniren scheint. Man findet nämlich bei mehreren Palmen, dass ihre gefässlosen Faserbündelchen nicht sämmtlich zwischen der Rinde und den entwickelten Gefässbündeln liegen, sondern dass auch einzelne derselben zwischen den Gefässbündeln des Stammes zerstreut gefunden werden z. B. bei *Astrocaryum vulgare*, *Cocos botryophora*, *coronata*, *Leopoldinia pulchra*. Diese Abweichung traf ich hauptsächlich nur bei den cocosartigen Stämmen, bei den übrigen nur in seltenen Fällen. Es finden sich daher diese Fasern nur in solchen Stämmen, welche eine sehr reichlich mit Fasern versehene Faserlage und sehr viele Gefässbündel besitzen. Es ist daher wahrscheinlich, dass bei der grossen Masse enge gedrängter Bündel, welche diese Stämme erfüllen, leicht Umstände eintreten, welche die neu sich bildenden Fasern hindern, sich an der normalen Stelle zu entwickeln und die Entstehung derselben an ungewöhnlichen Orten veranlassen. Es scheinen auch diese zerstreut vorkommenden Fasern nicht in allen Exemplaren derselben Art vorzukommen, wenigstens waren sie in einem Stamme von *Leopoldinia pulchra* sehr häufig, während sie in einem zweiten völlig fehlten, was offenbar beweist, dass zufällige Ursachen zu ihrer Entstehung Veranlassung geben.

Anm. 3. Noch weit mehr als Moldenhawer verfiel Mirbel bei seinen Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der Gefässbündel der Monocotylen in Irrthum. Er giebt an (Annal. d. Muséum. XIII. 69), es werde jeder Gefässbündel bei seiner Entstehung nur aus einem Bündel grosser Röhren (netzförmiger Gefässe) gebildet, allmählig soll sich um diese ein Gewebe von feinen Röhren bilden, unter welchen das Zellgewebe des Holzes, die Spiralgefässe, Ringgefässe, die eigenen Gefässe und der Bastbündel verstanden werden, welche Theile nicht unterschieden werden. Die Membran dieser Röhren soll sich nun allmählig so verdicken, dass zuletzt ihre Höhlung ausgefüllt werde.

Anm. 4. Eine von der meinigen ganz abweichende Deutung der verschiedenen Theile des Palmengefässbündels giebt Amici in einer Beschreibung des Gefässbündels von *Calamus* (Annal. d. sc. natur. II. 229 - 236). Amici hält die Holzzellen für Baströhren, die Baströhren für eigene Gefässe, die eigenen Gefässe erkennt er zwar als dünnwandige, nicht poröse Röhren, lässt es aber unbestimmt, zu welcher Art von Organen sie gehören. Noch mehr weicht die von Kieser (Phytot. 121. Tab. III. fig. 29) von den Gefässbündeln von *Calamus* gegebene Beschreibung und Abbildung von der Wahrheit ab, indem die Bast- und Holzschichte gar nicht unterschieden und die eigenen Gefässe für Spiralgefässe gehalten werden.

Anm. 5. Man wird mir gerne erlassen, die Ansichten von Lestiboudois näher auseinander zu setzen; er glaubt, der Palmenstamm sei mit der Rinde der Dicotylen zu vergleichen, es fehle ihm jede Analogie von Holz und Mark (Principes de botanique 149 — 158). Es beweist dieses hinreichend, wie fremd ihm die feinere Anatomie der Pflanzen ist.

Von der Wurzel der Palmen.

Form der Wurzel.

Der erwachsene Palmenstamm ist niemahls mit einer Pfahlwurzel versehen, sondern sein unterer, wie eine Zwiebel zugerundeter Theil ist mit einer Menge faserförmiger, ästiger Wurzeln besetzt. Diese Wurzeln sind immer dünn, nicht sehr lang, auf eine unregelmässige Weise mit dünnen Seitenzweigen besetzt, cylindrisch, am Ende stumpf zugespitzt, in der Jugend weiss, später bräunlich. Ihre jungen Triebe sind mit feinen Haaren bedeckt; zuweilen finden sich an der Wurzel kurze, stachelförmige Erhabenheiten, welche von abortirenden Seitenzweigen herrühren. Die keimende Palme besitzt eine Pfahlwurzel, diese erreicht aber keine bedeutende Grösse. Kurze Zeit nach der Keimung entwickeln sich aus der Basis des Stammes Seitenwurzeln, die Pfahlwurzel geht zu Grunde und nach einiger Zeit sterben auch die ersten Seitenwurzeln ab und werden durch neue Wurzeln ersetzt, welche oberhalb der früheren in einem Kreise entspringen. Dieser Vorgang wiederholt sich auf analoge Weise, wie bei den Zwiebelgewächsen. Obgleich die Wurzeln sehr nahe an einander gedrängt entspringen, so ist doch bald der unter der Erde befindliche Theil des Stammes ganz mit Wurzeln besetzt und die neuen entspringen nun, wie bei *Pandanus* über der Erde; auf diese Weise geschieht es oft, dass der Stamm frei über der Erde, blos von den Wurzeln getragen, dasteht z. B. bei *Iriartea exorhiza.*

Die Bildung und erste Entwicklung der Wurzeln geschieht im Innern des Stammes zwischen der Faserlage und den entwickelten Gefässbündeln desselben. An dieser Stelle bildet sich ein Kern von Zellgewebe (eine wahre Knospe), welcher sich zur Wurzel gestaltet und die Rinde durchbricht. Solche Knospen zu künftigen Wurzeln kann man in bedeutender Menge auf der Strecke von einigen Zollen oberhalb des jüngsten Wurzelkreises finden, wenn man die Rinde und die Faserlage bis auf die Gefässbündel hinwegschneidet.

Anatomische Untersuchung der Wurzel.

Die Palmenwurzel besteht aus zwei deutlich gesonderten Schichten, aus einer äusseren, lockeren und schwammigen Rindensubstanz und einem zähen holzartigen Centralbündel.

Die Rindensubstanz ist von einer pergamentartigen Haut überzogen; unter dieser liegt eine weisse, schwammige Masse, in welcher bei einigen Arten bastartige Fasern liegen, welche bei anderen vollkommen fehlen. Gegen die Wurzelspitze hin und in den jungen Seitenwurzeln ist diese Rindenlage saftig und compact; in den älteren Theilen der Wurzel ist sie oft halb trocken und lockerer. Der Centralbündel ist aus einer compacten, holzartigen Substanz gebildet, welche sich nicht, wie das Holz des Stamms, in einzelne getrennte Bündel theilen lässt. Der Centralbündel der Seitenwurzeln ist mit dem der Hauptwurzeln unmittelbar verbunden.

Verfolgt man eine Wurzel rückwärts in den Stamm, so findet man, dass bei ihrem Eintritt in die Rindenschichte des letzteren die Wurzelrinde bedeutend an Dicke abnimmt und nach einer kurzen Strecke verschwindet, indem sie mit dem Zellgewebe des Stamms verschmilzt. Der Centralbündel dagegen durchdringt

die Faserlage des Stamms und breitet sich auf der äusseren Schichte der Holzbündel desselben in Form einer Scheibe aus. Schon auf seinem Wege durch die Faserlage fängt er an, in mehrere durch dünne Zellgeweblagen getrennte Bündel zu zerfallen; wie er auf der Holzschichte des Stamms ankommt, so theilt er sich in eine grosse Menge feiner, fadenförmiger Bündel, welche sternförmig nach allen Seiten auseinanderlaufen und sich zwischen den Gefässbündeln des Stamms durchschlängelnd in das Innere desselben eintreten. Man kann sie nicht tiefer, als etwa 1/2 Zoll weit zwischen den Holzbündeln verfolgen, weil dieselben sich immer feiner vertheilen und sich an die Gefässbündel des Stammes anschliessen und daselbst endigen.

Ausser diesem Zusammenhange mit dem Innern des Stammes hängt die Wurzel auch noch mittelst ihres Rindenkörpers mit der Faserlage des Stammes zusammen. Es dringt nämlich in den Rindenkörper einer jeden Wurzel ein Theil der gefässlosen Faserbündel des Stammes ein; bei einigen Wurzeln, wie bei denen von *Cocos, Phoenix* laufen diese Faserbündelchen in der Wurzel noch eine längere Strecke weit fort und verlieren sich dann allmählig, bei anderen, wie bei *Diplothemium maritimum, Sabal Adansonii* verlieren sie sich gleich im Anfange der Wurzel.

Auch bei *Dracaena Draco* beobachtete ich, dass die äussere, fibrose, feste Schichte des Stammes in die Wurzeln eindrang, eine Strecke weit in diesen sich fortsetzte und um ihren Centralkörper eine Scheide bildete, welche auf der gegen die Oberfläche der Erde gewendeten Seite der Wurzel weit stärker und länger war, als auf der unteren. Diese Faserlage verdünnte sich allmählig und verlor sich nach der Strecke von einigen Zollen völlig. Es erhellt hieraus, dass die Meinung von Du Petit-Thouars, es seien die Wurzeln aus den von den Blättern und Knospen abwärts laufenden Fasern gebildet, durchaus unrichtig ist.

Die Wurzeln der verschiedenen Palmen besitzen eine sehr ähnliche Organisation. Die von *Diplothemium maritimum* mag als Beispiel dienen. Auf dem Querschnitte sieht man, dass im Centralbündel alle Gefässe gegen die Peripherie hin liegen und die Mitte desselben nur aus Zellen gebildet ist. Die Gefässe sind beständig auf die Weise angelagert, dass die grössten dem Centrum, die kleinsten der Peripherie näher liegen; es findet also das entgegengesetzte Verhältniss von dem, welches wir im Stamme gefunden haben, statt. Die Gefässe liegen nicht wie in den Gefässbündeln des Stammes unregelmässig zerstreut und vereinzelt, sondern in Reihen, welche vom Centrum gegen die Peripherie hin gerichtet sind und häufig sind diese Reihen nach aussen zu in zwei divergirende Schenkel gespalten. Die grössten dieser Gefässe zeigen die Form von netzförmigen Gefässen und bestehen aus ziemlich kurzen Schläuchen, welche an ihren Enden netzförmig durchbrochene Scheidewände besitzen. Auch die kleinen, nach aussen liegenden Gefässe zeigen die Form von porösen Röhren und Treppengängen. In Hinsicht auf die Zeit ihrer Entwicklung stimmen die letzteren mit den Spiralgefässen der Gefässbündel des Stammes überein, indem sie schon zu einer Zeit vollständig ausgebildet sind, in welcher die grossen Gefässe noch als dünnwandige, faserlose Schläuche erscheinen und die Zellen der Wurzel noch äusserst zarte Membranen besitzen. Die Gefässe sind von etwas dickwandigen, lang gestreckten, mit horizontalen Scheidewänden versehenen Zellen umgeben. Es zeigen jedoch nur die den Gefässen zunächst gelegenen Zellen diese horizontalen Scheidewände und es gehen dieselben in den Zwischenräumen zwischen den Gefässen und in dem von den Gefässen umschlossenen mittleren Raume in prosenchymatose Zellen über, welche sich im Centrum des Gefässbündels wieder in langgestreckte Par-

enchymzellen umwandeln und ein Analogon von Mark bilden. Der ganze Centralkörper wird an seiner Peripherie von einigen Lagen parenchymatoser, dünnwandiger Zellen umgeben, auf welche eine Reihe von engen, gestreckten, dickwandigen Zellen folgt.

Zwischen je zwei Gruppen von Gefässen liegt ein Bündel eigener Gefässe; dieser richtet sich in seiner Grösse nach der Länge der zu seinen Seiten liegenden Gefässreihen, indem zwischen den kurzen Reihen nur ein kleiner rundlicher Bündel liegt, während sich die zwischen den langen Reihen liegenden tief gegen das Centrum der Wurzel hinein erstrecken. Die Anordnung der eigenen Gefässe ist immer der Art, dass die nach innen zu liegenden sehr weit, die äusseren sehr enge sind; die engeren und weiteren sind nicht, wie im Stamme, untereinandergemengt. Die Membranen dieser Gefässe sind immer dünn, nicht selten fein punctirt, was auch zuweilen bei denen des Stamms von *Tamus Elephantipes* vorkommt. Es bestehen sowohl die weiten als engen aus geschlossenen, verlängerten, mit horizontalen oder diagonalen Scheidewänden versehenen Schläuchen; sie enthalten wie im Stamme einen opaken, körnigen Saft.

Die Rindensubstanz besteht dem grössten Theile nach aus regelmässigen, dünnwandigen, mit Intercellulargängen versehenen Parenchymzellen. Die in der Nähe des Gefässbündels liegenden Zellen haben keine Intercellulargänge zwischen sich und sind etwas in die Breite gezogen. Gegen die Oberfläche der Rinde zu verschwinden die Intercellulargänge ebenfalls, die Zellen werden länger, die äusseren werden zugleich dickwandiger und enger und bilden die oben beschriebene lederartige Haut. Die Epidermis besteht aus nicht in die Länge gezogenen, warzenförmig hervorstehenden Zellen. In der jüngern Wurzel ist die Rinde compact; bald treten aber mit der grösseren Ausdehnung der Rinde in die Dicke und Abnahme ihrer Säfte an einzelnen grösseren oder kleineren, unregelmässig vertheilten Stellen die Zellen auseinander und bilden so unregelmässig vertheilte, mit Luft gefüllte Lücken. Die den Centralkörper zunächst umgebenden Zellen enthalten auf ihrer innern Seite querlaufende, faserförmige Verdickungen, wie viele Antherenzellen. Einzelne ohne Ordnung in der Rinde zerstreute Zellen enthalten Raphiden.

Die Seitenwurzeln entspringen auf ähnliche Weise aus den grösseren Wurzeln, wie diese aus dem Stamme. Es bildet sich nämlich zwischen Rinde und Centralkörper der Hauptwurzel ein Kern von Zellgewebe und in diesem entwickeln sich rosenkranzförmige Gefässe. Bei weiterer Vergrösserung durchbricht später dieser Kern die Rinde der Wurzel und erscheint als ein Zweig der letztern. Die rosenkranzförmigen Gefässe dringen in den Centralkörper der Wurzel ein, verlaufen in den verschiedensten Richtungen in dem zwischen den Gefässen liegenden Zellgewebe und legen sich zuletzt an die Seiten der grossen Gefässe an. In der Seitenwurzel selbst verlängern sich die Gefässschläuche immer mehr und mehr und bilden mit einem Theile des Zellgewebes, welchen sie einschliessen und mit den langgestreckten Zellen, von welchen sie umgeben sind, den Centralkörper des Wurzelastes. Die äusserste Schichte dieser langgestreckten Zellen fliesst mit den dickwandigen, den Centralkörper der Hauptwurzel umgebenden Zellen zusammen, während die mittleren, markartigen Zellen der Seitenwurzel mit dem unter jenen langgestreckten Zellen liegenden Parenchyme vereinigt sind. Die Rinde der Seitenwurzel ist zwar durch ihre Epidermis und durch ihre äussere Lage langgestreckter Zellen auf dem grössten Theile ihres Verlaufes durch die Rinde der Hauptwurzel von dieser ge-

trennt, mit den inneren Schichten der Rinde der Hauptwurzel fliessen aber sowohl die langgestreckten als die parenchymatosen Zellen der Rinde der Seitenwurzel zusammen.

Auf eine ganz analoge Weise erfolgt die Vereinigung der Wurzel mit dem Stamme, indem sich auch hier bei der Auflösung des Centralkörpers in einzelne Fasern seine Gefässe in eine grosse Anzahl feiner, rosenkranzförmiger Gefässe vertheilen. Die in den Stamm eindringenden Fasern sind zwar ihrem grössten Theile nach aus diesen rosenkranzförmigen Gefässen gebildet, sie zeigen aber dennoch eine ziemlich ähnliche Organisation, wie die Gefässbündel des Stamms, indem diese Gefässe von Zellgewebe umgeben sind, auf ihrer äussern Seite sich ein kleiner Bastbündel anlegt und ihre eigenen Gefässe sich zwischen diesem Bastbündel und dem Holze finden.

Den beschriebenen Bau fand ich bei den Wurzeln einer ziemlichen Anzahl von Palmen vollkommen gleich, wie sich dieses auch nicht anders erwarten lässt, da die angegebene Bildung beinahe ebenso allgemein den Wurzeln der Monocotylen zukommt, als die oben beschriebene Bildung der Gefässbündel ihren Stämmen

Ohne Ausnahme ist jedoch diese Bildung nicht. Schon oben berührte ich, dass in dem obern Theile mancher Palmenwurzeln z. B. von *Phoenix, Cocos* in der Rinde Faserbündel zerstreut sind, von welchen bei andern sich keine Spur findet. Bedeutendere Abweichungen zeigt dagegen die ziemlich dicke Wurzel von *Iriartea exorhiza.* Auf dem Querschnitte derselben erscheint dem blossen Auge ein von einer braunen Linie gebildeter Stern mit stumpfen, meist zweispaltigen Strahlen. Unter dem Mikroskope sieht man, dass dieser Stern von gedrängten Gefässbündeln gebildet wird. Ausser diesen kommen noch einzelne im Mittelpuncte des Sterns zerstreut liegende Gefässbündel vor, ein Centralstrang dagegen, wie in den andern Palmenwurzeln fehlt. Die Gefässbündel haben einen von den Gefässbündeln des Stamms völlig abweichenden Bau, indem die relative Lage ihrer organischen Systeme eine ganz andere ist. Der Bastbündel ist nämlich gegen das Centrum der Wurzel gewendet und umgiebt bei einigen in der Mitte der Wurzel liegenden Gefässbündeln den Holzkörper ringsum. Die Baströhren sind in den äussern Bündeln dickwandiger und in grösserer Menge vorhanden, als bei den in der Mitte gelegenen. Der Holzkörper besitzt ein, in selteneren Fällen 2 – 3 grosse Gefässe, die in den äusseren Bündeln $^1/_{25}$ — $^1/_{17}$''', in den innern $^1/_{17}$ — $^1/_{12}$''', im Durchmesser haben. Sie bestehen aus ziemlich langen Schläuchen, sind theils mit horizontalen Scheidewänden versehen, theils entbehren sie derselben, ihre Wandungen sind mit kleinen, in Längereihen stehenden Tüpfeln bedeckt; wo zwei Gefässe aneinander liegen, haben sie die Form von Treppengängen. Sie sind nur von 1—2 Reihen von Parenchymzellen umgeben. Dieser Holzkörper steht an seiner äusseren Seite mit dem Parenchyme der Wurzel in Berührung. Die Bündel eigener Gefässe, deren jeder Gefässbündel eine bis zwei Gruppen enthält, bestehen wie im Stamme aus untereinander gemengten engen und weiten Röhren. Es liegen dieselben nicht zwischen dem Holze und Baste, sondern in den meisten Fällen auf der äussern Seite der Bastlage halb in dieselbe eingesenkt; bei den innern Gefässbündeln sind die eigenen Gefässe zuweilen auch völlig von den Baströhren umgeben. Die äusseren Gefässbündel fliessen oft zu zweien zusammen, wo alsdann der zusammengesetzte Bündel vier Gruppen eigener Gefässe oder häufig auch nur drei (wegen Zusammenfliessens von zweien) besitzt.

Das Parenchym der Wurzel besteht aus dünnwandigen, etwas verlängerten, punctirten Parenchymzellen, welche an vielen Stellen unregelmässige Lücken zwischen sich lassen. Um den von den Gefässbündeln gebildeten Stern, einige Zellenreihen von ihm getrennt, verlauft eine dunklere Linie, welche durch etwas dickwandigere Zellen gebildet wird. Durch die ganze Wurzel zerstreut, in besonderer Menge in ihren äussern Schichten angehäuft, liegen gefässlose Faserbündel, von denen die äusseren oft zusammenfliessen und aus dickwandigen Prosenchymzellen bestehen; in den weiter einwärtsgelegenen finden sich in ihrer Mitte ein bis zwei dünnwandige Zellen, welche wahrscheinlich zum Systeme der eigenen Gefässe gehören. Ueber den Zusammenhang dieser Faserbündel mit dem Stamme kann ich nichts angeben, da ich den letztern zu untersuchen keine Gelegenheit hatte. Diese Wurzeln von Iriartea sind mit kurzen Dornen besetzt, welche von abortirenden Seitenzweigen herrühren und ihren Ursprung auf den Gefässbündeln der Hauptwurzeln nehmen.

So verschieden auch diese Wurzel von denen der andern Palmen zu sein scheint, so ist doch deutlich, dass ihre Organisation in vielen Beziehungen mit den letzteren übereinstimmt, indem die meisten Unterschiede, durch welche sich die Gefässbündel der Wurzel von denen des Stamms unterscheiden, der Wurzel von *Iriartea* ebenso gut, als den Wurzeln der übrigen Palmen zukommen. Der umgekehrten Lage, welche die Gefässbündel der Wurzel von Iriartea zeigen, entspricht nämlich in den übrigen Palmenwurzeln der Umstand, dass die hinter den Gefässen derselben liegenden Zellen ebenfalls die Form von Prosenchymzellen besitzen. Bei beiden Abarten der Wurzel liegen ferner die grossen Gefässe nach innen, die kleinen nach aussen, bei beiden bilden die eigenen Gefässe besondere, nicht zwischen Holz und Bast eingeschlossene Bündel.

Anhang.

Es wird wohl nicht unpassend sein, der voranstehenden Beschreibung des Palmenstammes eine kurze Darstellung der Arbeiten, welche seit jener Zeit über diesen Gegenstand erschienen sind, folgen zu lassen [1]).

Vor allem ist die scharfsinnige Schrift Meneghini's (ricerche sulla struttura del caule nelle piante monocotiledoni. Padova. 1836) zu nennen, in welcher der Bau des Monocotylenstammes in seinen verschiedenen Formen verfolgt und mit grosser Klarheit beschrieben wird. So weit sich diese Darstellung auf die baumförmigen Monocotylen bezieht, möchten wohl folgende Puncte im Gegensatze gegen meine Beschreibung des Palmenstammes hervorzuheben sein. Meneghini, welcher in seiner Beschreibung des Verlaufes der Gefässbündel dieselben, wie ich, von oben nach unten verfolgt, widmet den Veränderungen, welche ihre Lage während der Entwicklung der Terminalknospe zum Stamme erfährt, eine besondere Aufmerksamkeit und legt in dieser Beziehung einen vorzüglichen Werth auf den Umstand, dass, so lange die Blätter noch in der Knospe eingeschlossen sind, von ihren Gefässbündeln nur der Theil vorhanden ist, welcher beim erwachsenen Gefässbündel von der Mitte des Stammes nach unten und aussen verlauft und dass der obere Theil derselben erst mit der Entwicklung der Knospe zum Stamme und mit dem Heraustreten der Blätter aus dem Centrum der Knospe auf die Seitenfläche des Stammes zur Entwicklung kommt. Von diesem Heraustreten des Blattes aus dem Centrum der Knospe wird die Biegung der Gefässbündel im Centrum des Stammes und der nach auswärts gerichtete Verlauf des obern Theiles des Gefässbündels abgeleitet. Vorzugsweise beschäftigte sich Meneghini mit Betrachtung des Umstandes, dass die Gefässbündel nicht blos diese Biegung nach aussen, sondern zugleich auch eine seitliche Biegung zeigen, so dass ihr unteres Ende nicht in senkrechter Richtung unter das obere Ende zu liegen kommt, sondern links oder rechts von demselben abweicht. Ich hatte diesen Umstand bei den von mir untersuchten Palmenstämmen wohl auch bemerkt, aber kein Gewicht auf denselben gelegt, indem ich den schiefen Verlauf der Fasern für eine zufällige Abweichung gehalten hatte. Meneghini

1) Ich beabsichtige hiebei keine Aufzählung aller, seit dem Erscheinen meiner Palmenanatomie über diesen Gegenstand erschienenen Bemerkungen, sondern nur die Betrachtung solcher Arbeiten, welche einen Einfluss auf die Entwicklung der Lehre vom Baue des Monocotylen- und namentlich des Palmenstammes hatten, sei es, dass sie neue, vorher übersehene Thatsachen anführen, sei es, dass sie die theoretische Seite dieser Lehre weiter ausbildeten, ich werde daher namentlich Gaudichaud's Arbeiten nicht besprechen, indem die Untersuchungen, auf welche seine Theorie sich stützt, zu sehr den Stempel der Oberflächlichkeit an sich tragen, als dass ich glauben könnte, es sei aus denselben ein Gewinn für die Lehre vom Baue der Gewächse zu erwarten.

zeigte dagegen, dass dieses Verhältniss bei allen Monocotylen vorkommt; zur Auseinandersetzung desselben wählte er keine Palmen, sondern vorzugsweise die Stämme von *Dracaena, Aletris* und *Yucca,* bei welchen jedoch, wenn seine Theorie richtig wäre, der schiefe Verlauf der Fasern wesentlich von dem bei den Palmen stattfindenden abweichen müsste. Um eine Uebersicht über die von Meneghini aufgestellte Ansicht zu geben, wird eine Betrachtung seiner Untersuchungen von *Dracaena* und den verwandten Formen nothwendig. Meneghini giebt von *Dracaena Draco* an, dass keine Faser ihres Stammes senkrecht verlaufe, sondern dass dieselben mit ihrem obern Theile in der Richtung der Radien gegen das Centrum des Stammes einwärts treten, in der Nähe des Centrums sich nach unten und zugleich nach rechts oder nach links umwenden und nun in schiefer Richtung abwärts und auswärts verlaufen, so dass ihr unteres Ende rechts oder links vom oberen Ende unter der Oberfläche des Stammes liege. Es zeigen vielleicht nicht zwei Gefässbündel desselben Blattes den gleichen Verlauf, indem einzelne bis in die Nähe des Centrums vom Stamme eindringen, ehe sie sich abwärts wenden, andere schon in geringerer Entfernung von der Rinde diese Biegung annehmen, einige rechts, andere links von der senkrechten Linie abweichen.

Als Ursache dieses schiefen Verlaufes der Fasern werden die Veränderungen, welche das Blatt während seiner Entwicklung erleide, betrachtet. Da diese Betrachtungsweise Meneghini's ganz eigenthümlich ist und den wesentlichsten Theil seiner Lehre vom Bau des Monocotylenstammes bildet, so müssen wir dieselbe etwas näher ins Auge fassen. Meneghini nimmt an, dass bei sämmtlichen Monocotylen das Blatt unter der Form eines geschlossenen, umgekehrten Trichters entstehe, welcher später durch den Druck der in seinem Innern nachwachsenden jüngeren Blätter auf der einen Seite der Länge nach ganz oder nur in seinem obern Theile eingerissen werde. Im letzteren Falle bilde der untere Theil die Blattscheide und das Blatt bleibe stengelumfassend; im ersteren Falle bleibe bei der weiteren Entwicklung des Blattes das Verhältniss seiner Basis zum Stengelumfange nicht nothwendigerweise das gleiche, sondern es wachse gewöhnlich der Stengel verhältnissmässig stärker in die Dicke, als die Blattbasis in die Breite, es nehme daher das Blatt, je älter der Stamm werde, einen desto kleineren Bogen des Stammumkreises ein, während in andern Fällen auch das umgekehrte Verhältniss stattfinden könne, das Blatt stärker als der Stamm in die Breite wachse und die beiden Blattränder übereinander greifen. Als Beispiele solcher Pflanzen, bei welchen das ursprünglich stengelumfassende Blatt beim erwachsenen Stamme nur noch einen Theil desselben umfasse, werden besonders *Aletris fragrans* und *Dracaena Draco* hervorgehoben, bei ersterer umgebe das erwachsene Blatt $^5/_6$ des Stengels, bei letzterer seien an der Spitze des jährigen Triebes die Blätter noch stengelumfassend, wogegen am älteren Stamme die Blattnarben nur noch $^1/_3$ des Stammes umgeben. Diese verhältnissmässig starke Ausdehnung des Stamms in die Dicke sei bei *Dracaena* mit einer Verkürzung der bereits ausgebildeten Internodien verbunden, wie aus einer Vergleichung der Länge der Internodien einjähriger Triebe mit denen des alten Stammes hervorgehe und wie schon eine oberflächliche Betrachtung des Wachsthumes von *Dracaena* zeige, indem dem raschen Wachsthume des jährigen Triebes durchaus nicht eine verhältnissmässige Verlängerung der ganzen Pflanze entspreche (p. 22). Eine nothwendige Folge dieser Veränderung des relativen Verhältnisses der Breite des Blattes zu der Dicke des Stammes sei nun eine Veränderung der ursprünglichen Lage der

Gefässbündel im Innern des Stammes. So lange das junge Blatt stengelumfassend sei und in der Mitte der Knospe liege, laufen die (dem untern Theile der erwachsenen Gefässbündel entsprechenden) Gefässbündel von der ganzen Peripherie des Stammes in der Richtung der Radien gegen die Basis des Blattes zu. Während sich die Knospe entfalte, unter dem Blatte das zu ihm gehörige Internodium sich ausbilde und das Blatt vom Centrum der Knospe zur Peripherie des Stammes hinaustrete, bilde sich der obere Theil der Gefässbündel, welcher in Folge dieser Bewegung des Blattes nach aussen eine Biegung vom Centrum des Stammes nach aussen zu annehme und in der Richtung des Radius verlaufe. Da nun aber während der Ausbildung des Blattes seine Breite im Verhältniss zum Stammumfange abnehme, so müsse der obere Theil der Gefässbündel dem Blatte folgen, es werden desshalb diejenigen Gefässbündel, welche in die Seitenhälften des Blattes eintreten, anstatt wie beim stengelumfassenden Blatte in der Richtung von Radien gegen alle Seiten des Stammes hingerichtet zu sein, nur gegen den Bogen des Stammumfanges, auf welchem das Blatt inserirt sei, sich hinwenden und da der untere Theil der Gefässbündel seine Lage mehr oder weniger unverändert beibehalte, so entstehe hieraus das angegebene Verhältniss einer doppelten Biegung der Gefässbündel nach unten und auf die Seite. Je grösser die Differenz des Stammumfanges und der Breite der Blattbasis sei, je kürzer die Internodien seien, desto stärker müssen diese Abweichungen hervortreten, daher stärker bei *Dracaena* als bei *Yucca*, bei dieser stärker als bei *Aletris*.

Ehe ich in der Auseinandersetzung der Theorie Meneghini's weiter gehe, wird es nicht unpassend sein, die Thatsachen, auf welchen dieselbe beruht, zu prüfen. Ich lasse hiebei die Frage, ob die Blätter unter der Form geschlossener Trichter entstehen oder nicht, unberücksichtigt, indem sie von keinem wesentlichen Einflusse auf die Theorie ist. Wesentlich für dieselbe ist nur die Frage, ob die Breite der Blattbasis im Verhältnisse zum Umfange des Stammes mit dem Alter des letzteren mehr und mehr abnimmt oder nicht. Dass eine solche Veränderung die durch Meneghini von ihr abgeleitete Aenderung im Laufe der Gefässbündel herbeiführen müsste, ist keinem Zweifel unterworfen, wenigstens wenn man voraussetzt, dass zu der Zeit, in welcher diese Veränderung vor sich geht, die zu den jüngeren Blättern verlaufenden Gefässbündel, welche sich mit den Gefässbündeln des in Bewegung begriffenen Blattes kreuzen, der Bewegung der letztern kein Hinderniss in den Weg legen. Ich glaube, dass dieses allerdings der Fall sein müsste und dass schon dieser Umstand allein die Theorie des paduaner Phytotomen als unhaltbar erscheinen lässt; wenn man aber auch hievon ganz absieht, so sind noch andere, bestimmtere Gründe vorhanden, welche zeigen, dass jenes ungleichförmige Wachsthum des Blattes und des Stammumfangs in der Art, wie es von Meneghini dargestellt wird, nicht vorkommt. Nach seiner Angabe würde dieser Vorgang bei *Dracaena Draco* am deutlichsten zu beobachten sein, indem die Blätter oder ihre Narben in demselben Verhältnisse, wie sie tiefer am Stamme stehen, einen desto kleineren Theil des Stamms umfassen, so dass die Blattnarben nur ein Drittheil des unteren Theiles des Stammes umgeben, während die Blätter an der Spitze des jährigen Triebes stengelumfassend sind. Diesen Angaben kann ich nur zum kleinsten Theile beistimmen. Eine Aenderung der relativen Lage und Grösse der Blattnarben fand sich bei den Stämmen, welche ich in Beziehung auf Meneghini's Angaben untersuchte und von welchen der grösste bei einer Höhe von etwa 27 Fuss an seinem untern Theile

einen Umfang von 37 Centimeter besass, entschieden nicht, sondern es zeigten die Narben der eben abgefallenen Blätter dasselbe Verhältniss zum Stammumfange, wie die Narben am untern Theile des Stamms, d. h. sie umgaben ungefähr $^2/_3$ bis $^3/_5$ des Stamms. Messungen, welche ich an verschiedenen Blattnarben anstellte, zeigten, dass in Beziehung auf das Verhältniss der Breite der Blattnarbe zum Stammumfange kleine Schwankungen vorkommen, welche mit dem Alter des Stamms in keiner Verbindung stehen. Entblätterung der Terminalknospe zeigt, dass das gleiche Verhältniss der Blattbasis zum Stammumfange nicht nur bei den Blättern zu finden ist, welche auf dem conischen, in der Blattknospe verborgenen Theile des Stammes sitzen, sondern dass es auch den auf der obern, horizontal abgeplatteten Fläche der Knospenachse stehenden Blättern, mit Ausnahme der innersten derselben, zukommt. Wie wir uns dagegen bei Fortsetzung der Entblätterung den jüngsten Blättchen nähern, so ändert sich dieses Verhältniss, indem nun allerdings die Ränder der Blattbasis sich einander nähern. Bei einer von mir untersuchten Knospe waren bei dem innersten Blättchen, an welchem die Lamina deutlich ausgebildet war, die Blattränder bis auf $^1/_6$ des Kreisumfanges einander genähert; das nächste Blättchen stellte einen vollkommen stengelumfassenden, etwa 1 Millimeter im Durchmesser haltenden Conus dar, an dessen Basis eine schmale und kurze Längenspalte zu sehen war, es hatte somit vollkommen die Form des Cotyledon eines monocotylen Embryo; bei den folgenden Blättchen war die von den Blatträndern gebildete Spalte wieder weiter geöffnet. Diese Beobachtung bestätigt die Annahme von Meneghini, dass bei *Dracaena Draco* das stengelumfassende Blatt sich in ein nicht stengelumfassendes verwandle, zwar vollkommen, allein darin findet sich doch ein wesentlicher Unterschied, dass Meneghini diese Umwandlung erst nach der Ausbildung des Blattes beginnen und noch nach dem Abfallen des Blattes in der Blattnarbe weiter fortschreiten lässt, während meiner Untersuchung zu Folge das Blatt nur so lange stengelumfassend ist, als der Theil der Knospenachse, auf welchem es inserirt ist, noch durchaus rudimentär ist und die Dicke von einem Millimeter noch nicht, oder kaum überschritten hat, dass am nächst älteren Blättchen die Ränder schon um $^1/_6$ des Stammumfanges auseinanderstehen und das bleibende Verhältniss zwischen Blattbasis und Stammumfang bereits bei den nur ein paar Internodien weiter nach aussen stehenden Blättchen vorhanden ist. Dieser Unterschied in dem Resultate unserer Untersuchungen ist insoferne ein höchst wichtiger, als weiter unten gezeigt werden wird, dass eine solche Aenderung zwischen der Breite der Blattbasis und dem Umfange des bereits entwickelten Stammes ausserordentlich grosse Aenderungen, wie wir dieselben niemahls eintreten sehen, in dem innern Baue des Stamms und in seinem Dickewachsthume zur Folge haben müsste, während solche Aenderungen, wenn sie in einem Stammstücke von ein Millimeter Dicke beginnen, und in einem Stammstücke von wenigen Millimetern Durchmesser bereits wieder erlöschen, in einem Theile vor sich gehen, welcher noch aus weichem, in voller Vermehrung begriffenen Zellgewebe besteht, ein ausserordentlich starkes Wachsthum in allen seinen Theilen zeigt, in welchem also einer stärker vorschreitenden Entwicklung des einen Theiles und einer geringeren Entwicklung eines andern Theiles bei der Weichheit und beständigen Metamorphose seiner Substanz keine mechanischen Hindernisse im Wege stehen. Dass diese Formänderungen Einfluss auf die seitliche Abweichung der Gefässbündel des Stamms äussern werden, ist wohl nicht zu läugnen, dagegen kann ich nicht glauben, dass sie der einzige,

oder auch nur der hauptsächliche Grund des schiefen Verlaufes derselben ist, insoferne ein solcher auch den Gefässbündeln von *Aletris fragrans* zukommt, ungeachtet hier keine Spur einer Aenderung zwischen der Breite der Blattbasis und dem Umfange des Stammes zu finden ist. Nach Meneghini's Angabe sollen zwar auch hier die Blattränder so weit auseinandertreten, dass die Blattnarbe nur noch $^5/_6$ des Stammes umfasst; diese Angabe kann ich aber nicht im mindesten bestätigen. Die Blattränder greifen an der Basis des Blattes etwas übereinander; dieses Verhältniss ist, wenn das Blatt abgefallen ist, an seiner Narbe nicht mehr sichtbar, sondern diese erscheint einfach stengelumfassend. Diese Beschaffenheit zeigt jedoch die Blattnarbe nicht blos an jungen Stämmen, an welchen die Blätter erst kürzlich abgefallen sind, sondern auch noch an älteren Stämmen und namentlich sind bei einem im Tübinger Garten befindlichen Stamme von 38 Centimeter Umfang, ungeachtet seine Rinde in Folge ihrer starken Ausdehnung in die Breite viele Längenrisse zeigt, die Blattnarben vollkommen deutlich erkennbar und noch durchaus stengelumfassend. Die Beobachtung der Stammoberfläche bestätigt also die Angaben Meneghini's über die Veränderungen des Blattes bei *Aletris* und die späteren Veränderungen bei *Dracaena* entschieden nicht und wir könnten hiemit die Sache als abgemacht betrachten, wenn nicht vielleicht die Einwendung, dass bei andern, als den von mir beobachteten, Exemplaren die Sache sich denn doch so verhalten könnte, wie mein verehrter Freund angiebt, es für zweckmässig erachten liesse, eine nähere Betrachtung der Veränderungen anzustellen, welche ein Stamm erleiden müsste, dessen Umfang sich auf die angegebene Weise, nachdem seine Blätter bereits vollkommen ausgebildet oder schon abgefallen sind, stärker als die Blattbasis erweitern würde, indem diese Betrachtung zeigen wird, dass dieser Vorgang bei Stämmen mit verkürzten Internodien unmöglicherweise eintreten kann. Es liegt ein 31 Zoll langes Stück eines Stammes von *Aletris fragrans* vor mir, am obern Ende besitzt dasselbe einen Durchmesser von 10''', 5, am untern von 13''', die äussere harte fibrose Schichte ist oben 1''', unten 2''', 5 dick, es finden sich 57 Blattnarben an demselben, ein Internodium ist daher im Mittel 6''', 5 lang. Die Blattnarben sind stengelumfassend und in der Art schief gestellt, dass von einer jeden derselben der der Mittellinie des Blattes entsprechende Theil tiefer, als der entgegengesetzte, den Blatträndern entsprechende Theil steht, so dass jedesmahl der Ansatzpunct der Blattränder dem Ansatzpuncte des mittleren Theiles des nächsthöheren Blattes bis auf etwa 3''' genähert ist. Denken wir uns nun, das unterste Internodium dehne sich (auch ohne Vergrösserung der Blattnarbe) so sehr in die Breite aus, dass die aneinanderstossenden Ränder der Blattnarbe um $^1/_5$ der Breite der Blattnarbe auseinandertreten würden, so würde sich zwischen die auseinandertretenden Blattränder ein Stammstück von nahezu 8''' Breite einschieben müssen und man müsste während der Zeit der Ausbildung dieses Stammtheiles im Innern des Stammes neu sich bildendes Gewebe finden, die feste bereits 2''', 5 dicke fibrose Schichte müsste sich um den fünften Theil ihres Umfanges erweitern, die innere weiche Substanz müsste, um diese erweiterte Schichte ausfüllen zu können, in gleichem Verhältnisse nachwachsen. Von allem diesem wird man bei Untersuchung eines Stammes von *Aletris* keine Spur finden; anstatt dass sich nach dieser Theorie ein ganzes Kreissegment zwischen die alten Theile einschieben und die innere, weiche Substanz erweitern müsste, findet man die letztere, wenn sie einmahl gebildet ist, für immer unverändert, ebenso findet man in der ganzen Substanz der

festen holzigen Schichte niemahls eine Neubildung, sondern man findet, dass sich rings um dieselbe auf ihrer äussern Seite gleichförmig neue Fasern und Zellen in einer wahren Cambiumschichte bilden. Dieser stationäre Zustand der innern Theile des Stammes ist wiederum für sich allein vollkommen hinreichend, um die ganze Meneghini'sche Theorie zu widerlegen. Sehen wir aber auch von dieser Thatsache ab, lassen wir das unterste Internodium, dessen Blattnarbe am vorliegenden Stamme einen Umfang von 39‴ besitzt, die angegebene Veränderung erleiden, so erhält dasselbe durch Zusatz von $^1/_5$ der Grösse der Blattbasis einen Umfang von 47‴, an dieser Ausdehnung müsste das nächstobere Internodium Theil nehmen, indem wir durchaus finden, dass der Stamm von *Aletris* nahezu cylindrisch ist. Nun steht aber über den Rändern des untersten Blattes, von dem wir ausgehen, nur etwa um 3‴ höher, der Theil des nächsthöheren Blattes, welcher von der Mittellinie desselben nur ein paar Linien seitwärts liegt. Die Ausdehnung des untern Internodiums müsste sich bei dieser geringen Entfernung des unteren und oberen Blattes auf den Theil des letzteren, welcher senkrecht über dem nachwachsenden Theil des untern Internodiums steht, fortsetzen, denn die Fasern, welche den zwischen die Blattränder des untern Internodiums eingeschobenen Theil des Stengels bilden würden, müssten sich wie alle andern Fasern dieser Pflanze in ziemlich gerader Richtung am Stamme nach oben fortsetzen, es müsste daher die Narbe des zweiten Blattes in die Breite ausgedehnt werden. Diese zweite Blattnarbe hat am vorliegenden Stamme ebenfalls eine Breite von 39‴, wir müssten ihr aber etwa 8‴ in Folge der Ausdehnung des untern Internodiums zusetzen, wir erhalten also für ihre Breite 47‴. Nun lassen wir nach Meneghini's Angabe in dem Internodium dieses zweiten Blattes ebenfalls zwischen den Blatträndern ein Stück, welches $^1/_5$ der Blattbreite gleich ist, nachwachsen, der Umfang des Internodiums vermehrt sich hiedurch um mindestens 9‴, wir erhalten also für seinen Umkreis 56‴. Dieses Internodium würde also den Umfang des untern Internodiums um 9‴ übertreffen. Da wir dieses in der Natur nicht so finden und da wir annehmen müssen, dass die Fasern, welche zwischen den Blatträndern des zweiten Internodiums nachwachsen, sich auf das untere Internodium fortsetzen, so müssen wir annehmen, dass das untere Internodium an der Ausdehnung des obern Theil nimmt und in Folge desselben ebenfalls 56‴ im Umfange erhält. Nun gilt aber für das dritte Blatt wieder genau, was für das zweite gilt, d. h. sein mittlerer Theil muss sich, weil unterhalb desselben im Internodium des zweiten Blattes ein Stammstück, welches dem sechsten Theil von 56‴ gleich ist, nachgewachsen ist, um etwa 9‴ in die Breite ausdehnen. Die Breite des zweiten Blattes betrug 47‴, das dritte wird also 56 breit sein. Nun lassen wir die Blattränder um $^1/_5$ der Blattbreite auseinanderrücken, wir erhalten dadurch für den Umfang des Internodiums 67‴. Natürlicherweise nehmen an dieser Vergrösserung die unteren Internodien wiederum Antheil, wir haben somit den Stammumfang durch diese Veränderungen von nur 3 Internodien von 39 auf 67‴ gesteigert und dennoch sind wir weit unter der Grösse zurückgeblieben, welche der Stamm erhalten müsste, indem diese Ausdehnung der untern Internodien wieder eine Ausdehnung ihrer Blattnarben in die Breite zur Folge hätte, womit wieder eine Steigerung der Ausdehnung des zwischen den Blatträndern liegenden Theiles des Stammes (indem dieser Theil $^1/_5$ der Blattnarbe gleich sein soll) nöthig würde und in Folge hievon die oberen Blätter wieder in die Breite ausgedehnt würden, welche Ausdehnung wieder auf das untere Internodium zu-

rückwirken würde u. s. w. Es ist leicht einzusehen, dass dieses unmöglicherweise der Vorgang sein kann, welchen die Natur bei dem Wachsthum dieser Stämme in die Dicke befolgt, indem derselbe zu einem immensen Dickewachsthum führen würde, wenn auch nur die Bedingung, dass die Blattränder nach bereits vollendeter Bildung des Blattes um $^1/_5$ der Blattbreite auseinanderrücken sollen, eingehalten würde und dass bei *Dracaena,* wo die Entfernung der Blattränder der doppelten Breite des Blattes gleich werden soll, die Steigerung des Durchmessers des Stammes in einem noch weit exorbitanteren Verhältnisse stattfinden müsste. Da also auf der einen Seite diese Folgerungen, welche aus dem von Meneghini behaupteten Vorgange nothwendig abgeleitet werden müssen, zur Unmöglichkeit führen und da auf der andern Seite sowohl die unmittelbare Beobachtung der Blattnarben als die anatomische Untersuchung des Stamms gegen diese ganze Vorstellung eines ungleichförmigen Wachsthums der Blattnarbe und des Stammumfanges auf das bestimmteste sprechen, so kann auch die Abweichung der Fasern von der senkrechten Linie nicht in dem von Meneghini angenommenen mechanischen Vorgange begründet sein.

Diese Ableitung der schiefen Richtung der Fasern könnte, wenn sie auch bei *Dracaena, Aletris* u. s. w. Folge eines ungleichförmigen Wachsthumes der Blattnarbe und des Stammumfanges wäre, dennoch auf den Palmenstamm keine Anwendung finden, indem dieser immer stengelumfassende Blätter und Blattnarben besitzt. Dieser Umstand entgieng Meneghini nicht, er glaubte jedoch eine zweite mechanische Ursache aufgefunden zu haben, welche bei den mit stengelumfassenden Blättern versehenen Stämmen ebenfalls eine Schiefstellung der Fasern herbeiführe und welche in einer seitlichen Ortsbewegung der Blätter bestehe. Er geht von dem Satze aus, dass die Blätter der baumförmigen Monocotylen z. B. von *Yucca* in einer Schraubenlinie liegen, welche Linie in der abgeplatteten Knospe dieser Pflanzen in eine wahre Spirale übergehe. Die Schraubenlinie bezeichne ein constantes Verhältniss, dieses finde bei der Spirale nicht statt, denn diese gehe mit der weitern Entwicklung der in ihr stehenden Blätter und mit der Verwandlung der Knospe in den Stamm allmählig in die auf den Seiten des Stamms verlaufende Schraubenlinie über, sie bleibe dabei die gleiche Linie, indem sie an ihrem innern Ende immer wieder so viel gewinne, als sie am äussern Ende durch den Uebergang in die Schraubenlinie verliere. Ein jedes Blatt entstehe im Centrum der Knospe und trete, wenn ein neues Blatt im Centrum entstehe, an die Stelle des ihm vorausgehenden Blattes, bis es endlich auf die äussere Fläche des Stammes zu liegen komme. Bei dieser Bewegung folge jedes Blatt dem Laufe der Spirale, wobei das gegenseitige Verhältniss der Blätter das gleiche bleibe und alle Blätter den Weg gleichförmig zurücklegen. Ein jedes Blatt zeige daher ausser der Bewegung von innen nach aussen und von unten nach oben auch eine horizontale Bewegung in der Richtung der Spirale; von der ersten dieser Bewegungen hänge die Abweichung der Gefässbündel von der verticalen Linie ab, die zweite veranlasse eine Abweichung derselben in horizontaler Richtung, indem der obere vom Centrum des Stammes zum Blatte verlaufende Theil der Gefässbündel der Seitwärtsbewegung des Blattes folge. Da die Windungen der Spirale in der Mitte enger seien und die Bewegungen der Blätter desto langsamer werden, je weiter dieselben nach aussen gelangen, so finde die grösste Ablenkung der Gefässbündel im Centrum des Stammes statt (l. c. p. 16).

Gegen die Vorstellung, dass bei Entwicklung der Terminalknospe zum Stamme die Blattspirale in eine Schraubenlinie übergehe und dass ein jedes Blatt diese Spirale ihrer Länge nach durchlaufe, ist nichts einzuwenden; dieses Durchlaufen der Spirale ist aber nur eine scheinbare Bewegung und durchaus nicht mit einer wirklichen Seitwärtsbewegung verbunden. Wenn die Meneghini'sche Vorstellung richtig wäre, so ist klar, dass das äusserste, auf der Spirale stehende Blatt nicht auf derselben mit einer seitwärts gehenden Bewegung gegen die Stammoberfläche vorschreiten könnte, ohne dass die Divergenz zwischen ihm und dem obersten auf der Schraubenlinie stehenden Blatte sich vermindern würde, bis das Blatt auf der Seitenfläche des Stamms angekommen wäre und sich hier für immer fixirt hätte. Ebenso ist klar, wenn die übrigen Blätter diesem ersten in gleichmässigen Abständen folgen würden, dass wegen der nach innen zu engeren Windungen der Spirale die Divergenzen zwischen den aufeinanderfolgenden Blättern, je weiter sie nach innen liegen, immer grösser würden und erst beim Uebergange dieser Blätter auf die Schraubenlinie in die für die Species normale Grösse übergehen würden. Ebenso ist aber auf der andern Seite deutlich, dass die Blätter ohne alle Aenderung ihrer Divergenzen scheinbar eine Spirale durchlaufen, wenn ein jedes derselben auf dem Radius, auf welchem es bei seiner ersten Entstehung steht, gegen die Peripherie hinaustritt; indem nämlich bei der Entfaltung der Knospenachse der äusserste Theil derselben sich nach auswärts und aufwärts ausdehnt, um in die Stammoberfläche überzugehen, so tritt das auf diesem Theile der Achse verlaufende äussere Ende der Spirale als Fortsetzung der Schraubenlinie auf die äussere Fläche des Stammes über und das nächststehende Blatt tritt um ebensoviel dem Ende der Spirallinie näher, nicht weil es auf dieser selbst eine seitwärts gehende Bewegung macht, sondern weil die Spirallinie in der Richtung gegen das Blatt hin sich verkürzt und ihr Uebergangspunct in die Schraubenlinie dem Puncte näher rückt, an welchem der Radius, auf dem das Blatt steht, die Peripherie des Stammes trifft. Welcher dieser beiden Vorgänge stattfindet, ob das Blatt wirklich auf der Spirale seitlich fortschreitet, oder ob die Bewegung blos eine scheinbare ist, lässt sich aus der Untersuchung, ob die Divergenz der Blätter sich ändert oder nicht, entscheiden. Nun glaube ich, wird man bei der Untersuchung der Stellung der Blätter finden, dass sie in der Terminalknospe dieselben Divergenzen wie am Stamme zeigen, und dass die Blattstellung aus der Schraubenlinie mit gleichmässigen Divergenzen in die Spirale übergeht und in dieser weiter schreitet, während nach der Vorstellung von Meneghini die Divergenzen in der Spirale an Grösse zunehmen müssten. Es wird natürlicherweise der Weg von einem Blatte zu dem folgenden in der Spirale, wenn wir seine absolute Grösse ins Auge fassen, desto kürzer werden, je mehr man sich dem innern Ende derselben nähert, allein die Winkelabstände der Blätter werden die gleichen sein. Wenn das der Fall ist und ich glaube, alle bisherigen Untersuchungen sprechen dafür, dass es sich so verhält, so ist deutlich, dass die Bewegung eines jeden Blattes in der Richtung des Radius erfolgt und eine blose Folge der Verlängerung und Verdickung der Achse ist, dass die Bewegung eines jeden Blattes in der Richtung einer Spirallinie nur scheinbar und die Folge davon ist, dass die Spirallinie keine bestimmte Lage auf der obern Fläche der Knospe besitzt, sondern dass ihr Anfangspunct beständig in der Richtung, in welcher die Blattspirale verlauft, in dem Kreise, welcher durch die Verbindung der cylindrischen Stammoberfläche mit der abgeplatteten Knospenfläche gebildet wird, weiter schreitet. Wenn

sich dieses so verhält, so müssen die Blätter die äussern Windungen der Spirale schneller, als die innern Windungen zu durchlaufen scheinen, indem gleiche Divergenzwinkel in den äussern Windungen grösseren Stücken der Spiralwindungen entsprechen, während nach der Meneghini'schen Theorie das Gegentheil stattfinden, die Bewegungen der Blätter in den äusseren Windungen der Spirale sich in Beziehung auf die Winkelabstände vermindern, dagegen in Beziehung auf die durchlaufenen Räume gleich bleiben, somit scheinbar langsamer werden müssten. Da ich, ungeachtet ich die Terminalknospen einiger grösserer monocotyler Gewächse in Beziehung auf diesen Punct untersucht und keine merklichen Abweichungen in Beziehung auf die Divergenz ihrer Blätter gefunden hatte, mir dennoch lange kein so gültiges Urtheil in Beziehung auf diesen Gegenstand zutrauen konnte, als meinem verehrten Freunde, Professor Alexander Braun, so erkundigte ich mich bei diesem, ob ihm Fälle von einer solchen Abweichung der Divergenz in der Terminalknospe, wie sie die Theorie Meneghini's verlangt, schon vorgekommen seien und erhielt zur Antwort, dass er zwar der Ansicht sei, es sei dieser Punct sehr schwer durch directe Beobachtung mit Sicherheit auszumitteln, er müsse aber seinen Untersuchungen zufolge die Divergenz in der Terminalknospe für die gleiche, wie am Stamme halten. Bei dieser gewichtigen Bestätigung meiner Ansicht scheint mir die ganze Lehre von einer wirklichen spiralförmigen Bewegung der Blätter und die Ableitung der schiefen Richtung der Fasern aus ihr verworfen werden zu müssen. Es spricht auch noch ein weiterer Grund gegen die von Meneghini behauptete Seitwärtsbewegung der Blätter. Wäre die schiefe Richtung der Fasern in einer solchen Bewegung begründet, so ist deutlich, dass sämmtliche Fasern in derselben Richtung (rechts oder links) verlaufen müssten, indem diese Wanderung der Blätter dieselbe Folge, wie eine Torsion des Stammes haben müsste. Es müsste also, wenn man einen Palmenstamm der Länge nach spaltet, die Spaltungsfläche derselben Spirale, in welcher die Fasern im Stamme verlaufen, folgen, es würden ferner bei einer solchen Spaltung keine Fasern zerrissen werden, indem sie sämmtlich auf ihrem Wege vom Centrum des Stammes nach unten homodrom gewunden wären. Ich untersuchte diese Verhältnisse bei den brasilianischen Palmenstämmen, welche in neueren Zeiten in etwa 7′ langen Stücken zu technischem Gebrauche im Handel vorkommen. Die Spaltungsflächen dieser Stämme verlaufen niemahls in schiefer Richtung, sondern immer parallel mit der Achse und man findet beim Spalten derselben einen beträchtlichen Widerstand, indem durch das Spalten nicht blos parallel mit einander verlaufende Fasern getrennt werden, sondern eine sehr grosse Zahl der Fasern des Stammes abgerissen werden muss, indem ein Theil der Fasern in der Richtung von rechts nach links, der andere in der entgegengesetzten Richtung schief durch den Stamm verlauft. Es findet somit bei den Palmen in Beziehung auf diese schiefe Richtung der Faser ganz dasselbe Verhältniss statt, wie wir es bei *Dracaena, Yucca* und noch deutlicher bei *Xanthorrhoea* finden, bei welcher die rechts und die links verlaufenden Fasern in abwechselnden, den Stamm rings umgebenden Schichten liegen, welche auf dem Querschnitte einige Aehnlichkeit mit den Jahrringen eines dicotylen Stammes zeigen.

Aus dem Vorangehenden geht wohl zur Genüge hervor, dass die von Meneghini gegebene Erklärung des schiefen Verlaufes des Gefässbündels weder bei *Dracaena,* noch bei den Stämmen, deren Blätter sten-

gelumfassend sind, die richtige sein kann; wir haben ihre Ursache wohl nicht in mechanischen Gründen, sondern in der organischen Thätigkeit der Pflanze zu suchen.

In Beziehung auf die Gefässbündel der Wurzel beobachtete Meneghini, dass sie bei einer jungen *Chamaerops* unmittelbar in die Gefässbündel der Blätter übergiengen, dass dagegen bei den an einem alten Stamme weiter nach oben hervorbrechenden Wurzeln das Verhältniss ein anderes war, indem die Mehrzahl ihrer Gefässbündel sich in der äussern holzigen Schichte des Stammes verlor und nur einzelne sich aufwärts oder abwärts bogen, um unter der Rinde weiter zu laufen. Bei den Wurzeln vieler anderer baumförmiger Monocotylen sah er beständig, wenn die Wurzeln noch jung waren, die Gefässbündel derselben sich sternförmig über der Holzschichte des Stammes ausbreiten, bei älteren Wurzeln waren sie dagegen tiefer in den Stamm eingedrungen, wo sie sich alsdann verästelten und verloren. Meneghini leitete diese Verschiedenheiten von den verschiedenen Verhältnissen des Saftlaufes ab; die Pfahlwurzel und die untersten Wurzeln des Stammes bilden sich zu gleicher Zeit und mit Hülfe derselben Strömungen von Nahrungssaft wie die Gefässbündel des Stammes, diese gehen daher unmittelbar in die Fasern der ersteren über; bilden sich dagegen Wurzeln an den älteren Theilen des Stamms, so bewirkt der Saftstrom eine strahlenförmige Ausbreitung ihrer Gefässbündel auf der Oberfläche der Holzmasse des Stamms.

Einzelne Beiträge zur Kenntniss des Monocotylenstamms lieferte Unger, indem er bei seinen Untersuchungen über den Dicotylenstamm (über den Bau und das Wachsthum des Dicotyledonenstammes. 1840. p. 35) vergleichende Blicke auf den Bau der Monocotylen warf und namentlich die Stämme der Aloineen (*Dracaena, Aletris, Yucca, Agave*) einer genaueren Untersuchung unterwarf. In Beziehung auf den Verlauf und die anatomische Beschaffenheit der Gefässbündel stimmt Unger im allgemeinen der von mir gegebenen Beschreibung bei, wesshalb in dieser Beziehung nichts anzuführen ist. Dagegen stellte er in Folge seiner Untersuchung der Entwicklungsgeschichte der Gefässbündel über die Bedeutung der eigenen Gefässe derselben eine bestimmte Ansicht auf, während ich die Bedeutung derselben hatte dahin gestellt sein lassen. Er verfolgte die Entwicklung der Gefässbündel vorzugsweise bei den Aloineen und giebt an, dass ihre Grundlage gleichförmig zellig sei, dass die übrigen Systeme (der Holz- und Bastkörper) erst später auf der innern und äussern Seite hinzutreten und dass man den mittleren Theil derselben, weil er nicht blos der zuerst entstehende Elementartheil sei, sondern auch weil er bei allen Metamorphosenstufen des Gefässbündels unter der gleichen Form von verlängerten, den Milchsaftgefässen ähnlichen Zellen sich erhalte, als den wesentlichsten Theil desselben zu betrachten habe.

In Hinsicht auf die Verwachsung der Gefässbündel untereinander unterscheidet Unger die eigentliche Verwachsung (*coalitus*), welche in einem wirklichen Zusammenfliessen zu Einem Gefässbündel besteht, von der blosen Zusammenfügung (*symphysis*), bei welcher die Gefässbündel blos durch ein straffes Parenchym aneinandergeheftet sind. Eigentliche Verwachsungen kommen nach Unger bei den Aloineen (mit Ausnahme von *Yucca gloriosa* und *Agave americana*) nicht vor, während sie in andern Familien, namentlich bei den *Scitamineen* und *Bromeliaceen* häufig sind.

Von dem Gefässbündelsysteme der Knospen und Wurzeln der Gräser wird angegeben, dass dasselbe

diesen Organen eigenthümlich sei und nicht von dem Stamme in dieselben übertrete; dieses sei besonders bei den Wurzeln deutlich, allein auch bei den Gefässbündeln der Knospe finde eine blose Anastomose mit den Gefässbündeln des Stammes statt und nur einzelne derselben mengen sich denen des Stammes bei.

In Beziehung auf die Zeit, in welcher die zu einem Blatte verlaufenden Gefässbündel entstehen, fand Unger, dass die dünnen bei den Palmen und Gräsern vorkommenden Fasern, welche nicht in die innern Stammschichten eintreten, (wenigstens bestimmt bei den Gräsern) von späterer Entstehung sind als die stärkeren Gefässbündel, welche aus den innern Schichten des Stamms in die Blätter verlaufen.

Eine in Hinsicht auf die gegenseitige Verwachsung der Gefässbündel von seinen Vorgängern sehr abweichende Ansicht äusserte Lestiboudois in seiner sehr beachtenswerthen Schrift über den Bau des Pflanzenstamms (Études sur l'anatomie et la physiologie des végétaux. 1840), in welcher er von seinen früheren Ansichten über den Bau des Monocotylenstammes völlig zurückgekommen ist.

Die von Lestiboudois untersuchten Palmenstämme stammen von Arten ab, deren systematische Namen ihm unbekannt sind, es sind hauptsächlich zwei im Handel vorkommende Stämme, von welchen der eine schwarze, der andere rothe Fasern besitzt. Die dünnen Fasern der äusseren Schichte lässt Lestiboudois theils aus der zelligen Rinde, theils unter der Form von Verästelungen aus den grösseren Fasern entstehen und giebt an, dass sie in Folge mannigfacher Verästelungen und seitlicher Verbindungen ein zusammenhängendes Netz bilden. Ebenso findet er auch am obern, in das Blatt eintretenden Ende der Fasern nicht nur häufig eine Vertheilung derselben in mehrere, gesondert ins Blatt eintretende Aeste, sondern auch, wenn sie ungetheilt in das Blatt eintreten, dicke Verästelungen, welche mit andern Fasern verschmelzen. Er nimmt ferner an, dass sich nicht alle Fasern an der Peripherie des Stammes bilden, sondern dass von den centralen und von den in der harten, holzigen Schichte verlaufenden Gefässbündeln ähnliche dünne Fasern, wie die unter der Rinde liegenden, auslaufen und zieht hieraus den Schluss, es sei deutlich, dass alle Fasern die Bestimmung hätten, neue Fasern zu erzeugen. Die einzelnen Fasern laufen zwar nicht ununterbrochen durch den ganzen Stamm, allein die Fasern der verschiedenen Theile des Stammes stehen dadurch in Verbindung, dass sie aus einander entspringen und ehe sie ins Blatt austreten, Verzweigungen liefern, welche die Bestimmung hätten, in dem oberen Theile des Stammes die weiter unten in die Blätter ausgetretenen Fasern zu ersetzen. Hieraus erhelle, dass bei den Monocotylen das Leben nicht in den äussern Schichten allein seinen Sitz habe; wenn man bei einer *Yucca* oder *Aloë fruticosa* den Stamm bis auf die harte Schichte ringsum einschneide, so leben die Pflanzen viele Jahre lang ungestört fort, die einzige Erscheinung, welche auf die Verwundung eintrete, sei die Bildung eines Wulstes am oberen Wundrande, aus welchem häufig zahlreiche Wurzeln hervorbrechen.

Ehe ich dem Verf. in seiner Darstellung weiter folge, habe ich anzuführen, dass ich zwar weit entfernt bin, die Richtigkeit seiner Beobachtungen in Zweifel zu ziehen, dass ich aber doch nicht umhin kann, die Allgemeinheit und Häufigkeit dieser Verästelungen bei den Gefässbündeln der Palmen in Abrede zu stellen. Ich habe oben angeführt, dass ich in einzelnen Stämmen aus der Abtheilung der cocosartigen z. B. bei *Lepidocaryum gracile* im Innern des Stammes zwischen den ausgebildeten Gefässbündeln viele dünne, gefässlose

Fasern gefunden habe; den Ursprung dieser Fasern konnte ich in den Stämmen, die ich sah, nicht verfolgen, kann daher auch nicht angeben, ob sie wie in Lestiboudois Stämmen durch Verästelungen der Gefässbündel gebildet waren; jedenfalls ist aber das Vorkommen dieser Fasern ein ganz ungewöhnliches und als eine Anomalie im Palmenstamme zu betrachten, auch fand ich dieselben in den bei uns im Handel vorkommenden Palmenstämmen, welche ohne Zweifel derselben Art angehören, wie die, welche Lestiboudois Palmen mit schwarzer Faser nennt, durchaus nicht. Dass nicht alle Gefässbündel sich nach unten zu in eine unter der Rinde liegende dünne Faser endigen, sondern dass es vorkommt, dass eine Faser an ihrem untern Ende mit einer andern Faser verschmilzt d. h. dass sie bei Verfolgung der Fasern von unten nach oben als eine Verästelung einer andern Faser erscheint, habe ich ebenfalls angeführt; dieses Verhältniss findet sich aber bei sehr wenigen Fasern. Ueber die Art und Weise, wie sich die Mehrzahl der unter der Rinde liegenden unteren, dünnen Faserenden verhält, ob sie sich im Zellgewebe verlieren oder mit andern Fasern verschmelzen, weiss ich nichts anzugeben, indem die Festigkeit des Zellgewebes an dieser Stelle eine genaue Ausmittlung dieses Punctes für mich unmöglich machte. Eine Anastomose dieser Faserenden zu einem zusammenhängenden Netze (wie bei *Yucca, Xanthorrhoea*) findet, wie ich glaube, entschieden nicht statt; nur wenn eine solche vorhanden wäre, würde eine allgemeine Verbindung der Fasern untereinander, wie sie Lestiboudois für die Palmen in Anspruch nimmt, stattfinden. Eine Verbindung und Verzweigung der oberen Theile der Fasern, wie sie Lestiboudois beschreibt, kenne ich bei den Palmen nicht, ich glaube daher, dass ihre Annahme von Seiten Lestiboudois mehr aus der Analogie des Palmenstamms mit dem Stamm von *Yucca* und *Aloë* abgeleitet, als auf wirkliche, ausgedehnte Untersuchungen des ersteren gegründet ist. Diese Verästelung der Fasern fand nämlich Lestiboudois in hohem Grade bei *Yucca, Aloë fruticosa* und vorzugsweise bei *Pandanus*. Wenn er aus diesen Beobachtungen die Folgerung ableitet, dass sich die Fasern der Monocotylen auf eine andere Weise, als die der Dicotylen bilden, indem sie aus Verästelungen der ältern Gefässbündel entstehen, während bei den Dicotylen die neuen Fasern sich zwischen der Rinde und den Enden der in die Blätter ausgetretenen älteren Fasern ablagern, so wird diese Schlussfolgerung durch die anatomische Beschaffenheit des Dicotylen-Stammes nicht gerechtfertigt, indem bei derselben völlig aus den Augen gelassen ist, dass bei sehr vielen Dicotylen das untere Ende eines jeden Gefässbündels mit andern Gefässbündeln zum mindesten in ebenso genauer organischer Verbindung steht, als bei den Monocotylen, so dass die jugendlichen Gefässbündel in Beziehung auf ihre Anlagerung und Verbindung viele Aehnlichkeit mit den Gefässbündeln des Farnstammes besitzen.

Eine besondere Aufmerksamkeit widmete Lestiboudois den Wurzeln der Monocotylen; er zog aus ihrer Untersuchung zwei Schlüsse: 1) die Gefässbündel derselben sind nicht durch eine allmählige Verlängerung der Gefässbündel des Stamms gebildet, 2) ihr Wachsthum ist ein inneres, indem ihre Gefässbündel sich von aussen nach innen ausbilden und im Innern der Wurzel neue Gefässbündel entstehen.

Schleiden machte (Wiegmann's Archiv 1839. 220. Grundzüge der wiss. Bot. I. 220) darauf aufmerksam, dass bei den Monocotylen die Gefässbündel sich auf ähnliche Weise, wie bei den Dicotylen entwickeln, indem der nach innen gewendete Theil derselben zuerst entstehe und betrachtete als den einzigen durch-

greifenden Unterschied zwischen Mono- und Dicotylen den Umstand, dass bei den letzteren die Bildung neuer Elementarorgane in der Cambiumschichte der Gefässbündel unbegrenzt fortdaure (wesshalb er diese Gefässbündel *ungeschlossen* nannte), während bei den ersteren diese Bildung nach einer gewissen Zeit erlösche (geschlossene Gefässbündel) und nun die Elementarorgane der Cambiumschichte die eigenthümliche Form annehmen, in welcher ich sie unter dem Namen der eigenen Gefässe beschrieben habe. Was diese Unterscheidung anbelangt, so ist nicht die Kenntniss der Thatsache, auf der sie beruht, sondern die Erklärung derselben neu, insoferne Schleiden, was auch vollkommen richtig ist, die fortdauernde Ablagerung neuer Holzschichten im Gefässbündel der Dicotylen für ein dem Gefässbündel selbst zukommendes Wachsthum erklärte, während ich dieselbe von der Einschiebung der unteren Enden jüngerer, zu höher oben stehenden Blättern verlaufender Gefässbündel zwischen den Bast und das Holz der älteren Gefässbündel abgeleitet hatte, eine Theorie, gegen welche auch Unger (über den Bau und das Wachsthum des Dicotylenstammes) mit triftigen Gründen aufgetreten ist. Vielleicht ist übrigens die Bemerkung nicht überflüssig, dass dieser Unterschied sich nur auf einen Theil des Gefässbündels der Dicotylen bezieht, indem der in das Blatt eintretende und durch dasselbe verlaufende Theil ebenfalls ein begrenztes Wachsthum in die Dicke besitzt.

Ich wende mich nun zu der vortrefflichen Arbeit v. Mirbel's über den Bau der Dattelpalme (comptes rendus de l'académie des sciences. 12. Juin 1843). Es war der Verf. 1839 nach Algier gegangen, um eine erwachsene frische Dattelpalme untersuchen zu können und trug als das Resultat einer vierjährigen, besonders auf Untersuchung der Terminalknospe dieser Palme gerichteten Arbeit der pariser Academie eine Theorie des Baues und Wachsthumes der Monocotylen vor, welche mit meinen Angaben in mehreren Puncten im Widerspruche steht.

In Beziehung auf den Zusammenhang der Wurzeln mit dem Stamme stimmt Mirbel im allgemeinen meinen Angaben bei, nimmt jedoch einen innigeren Zusammenhang der Gefässbündel der Wurzel mit denen des Stammes an, als ich bei meinen Untersuchungen fand. Nach seiner Angabe dringen nämlich die aus der Mitte und aus den derselben nahe gelegenen Theilen der Wurzel kommenden Fasern in das Innere des Stammes zwischen die Gefässbündel des letzteren ein und verlieren sich zwischen denselben, ohne dass man ihre Endigung genau bestimmen könne, während die vom äussern Umfange der von der Wurzel im Stamme gebildeten Ausbreitung abstammenden Fasern sich in den oberflächlichen Stammschichten sowohl aufwärts als abwärts verbreiten. Von den letzteren glaubt Mirbel, dass sie wahrscheinlich zu den Schösslingen, welche bei der Dattelpalme und bei Chamaerops an der Basis des Stamms in Menge hervorbrechen, einen Beitrag liefern, von den ersteren, dass sie mit den Blättern in Verbindung stehen mögen. Wenn nun Mirbel fortfährt, es werden dadurch meine Angaben über das Verhältniss der Gefässbündel der Wurzel zu denen des Stammes zwar nicht widerlegt, aber auf ihr richtiges Maass zurückgeführt, so bin ich zwar weit entfernt, die Richtigkeit der von Mirbel an der Dattelpalme angestellten Beobachtungen anzugreifen, muss mich aber gegen die Auslegung, welche man dieser Mirbel'schen Aeusserung beinahe beilegen muss, dass nämlich meine Beobachtungen und die aus denselben zu ziehenden Schlussfolgerungen eine wesentliche Modification erhalten hätten und dass ein directer Uebergang eines Theiles der Wurzelgefässbündel in Stammgefässbündel all-

gemein vorkomme, verwahren. Der wesentliche Punct, welchen ich durch meine Beobachtungen über die Monocotylenwurzel begründete, ist die Thatsache, dass die Wurzel eine selbstständige Bildung ist, welche ihr eigenes System von Gefässbündeln besitzt, die sich nicht nur nach aussen gegen die Wurzelspitze hin verlängern, sondern auch an ihrem hinteren, im Stamme liegenden Ende in die Länge wachsen, in den Stamm aus der zelligen Masse, welche die Grundlage der Wurzelknospe bildet, eindringen, ein Geflechte mit den Gefässbündeln des Stamms bilden und sich an dieselben anschliessen. Diese Selbstständigkeit ist bei Untersuchung der Wurzelknospe keinem Zweifel unterworfen, indem die Gefässbündel derselben ursprünglich von denen des Stammes völlig getrennt sind, sie ist aber auch später daran kenntlich, dass wenigstens der grösste Theil derselben nicht unmittelbar sich in Gefässbündel des Stamms fortsetzt, sondern unter Aenderung ihres Baues ein Geflechte bildet, in welchem sie an die Gefässbündel des Stamms sich seitwärts anlegen, ohne wirklich in sie überzugehen. In demselben Verhältnisse, wie die Gefässbündel der Wurzel zu denen des Stammes stehen, stehen auch die der Wurzeläste zu denen der Wurzel. Hier lässt es sich bei der geringeren Anzahl der Gefässbündel des Wurzelastes und der Wurzel und bei dem sehr verschiedenen Durchmesser der Gefässe dieser beiden Organe mit der grössten Bestimmtheit beobachten, dass ein unmittelbarer Uebergang der beiderseitigen Gefässbündel ineinander nicht stattfindet. Weit schwieriger ist diese Untersuchung an der Verbindungsstelle der Wurzeln mit dem Stamme, allein bei ein Paar Palmen, namentlich bei einem Cocosstamme, dessen Zellgewebe durch Fäulniss zerstört war, habe ich an der Eintrittsstelle mehrerer Wurzeln das Geflechte, welches ihre Gefässbündel mit den Gefässbündeln des Stammes bildeten, untersucht und alle Gefässbündel, welche durch dasselbe liefen, einzeln verfolgt, ohne einen Uebergang eines Wurzelgefässbündels in einen Stammgefässbündel zu finden, ich glaube daher solche Uebergänge wenigstens für diese Fälle mit Sicherheit läugnen zu dürfen. Damit will ich nun nicht in Abrede stellen, dass in andern Fällen ein Theil der aus der Wurzel in den Stamm eintretenden Gefässbündel sich unter die Gefässbündel des letztern mengt und mit ihnen weiterlauft, wie ich selbst angegeben habe, dass dieses mit den Faserbündeln der Fall ist, welche bei einigen Palmen mit ihrem untern Ende in der Wurzelrinde liegen und wie Meneghini es bei einzelnen Fasern des Holzkörpers der Wurzeln von *Chamaerops* fand, ich glaube aber läugnen zu dürfen, dass dieses Verhältniss immer und nothwendigerweise stattfindet und dass aus demselben eine Folgerung gegen die Selbstständigkeit des Gefässbündelsystems der Monocotylenwurzel abzuleiten ist.

In Hinsicht auf den Bau des Stammes richtete Mirbel seine Untersuchungen hauptsächlich auf Ausmittlung der Frage, ob die Gefässbündel von den Blättern aus im Stamme abwärts wachsen, oder ob sie sich in umgekehrter Ordnung entwickeln. Er ist in Zweifel darüber, ob ich in meiner Beschreibung des Palmenstamms dadurch, dass ich den Verlauf der Fasern abwärts vom Blatte aus beschrieben habe, blos die mechanischen Verhältnisse ihrer Anlagerung habe bezeichnen, oder ob ich die Richtung, in welcher sie sich ausbilden, habe andeuten wollen. Ich glaube kaum, dass ich mich deutlicher darüber hätte ausdrücken können, dass ich blos das erstere Verhältniss im Sinne hatte; ich wollte über die zweite Frage keine bestimmte Meinung äussern, weil ich dieselbe aus Mangel an genügendem Materiale nicht mit Sicherheit lösen konnte.

Zuerst untersucht Mirbel die Frage, ob die Gefässbündel von den Blättern bis zur Basis des Stammes

herablaufen und stützt sich bei Beantwortung derselben auf folgende Betrachtungen. Seine Dattelpalme war 18,60 Meter hoch, die mit Wurzeln besetzte Basis hatte 34 Centimeter im Durchmesser, über dem mit Wurzeln besetzten Theile war die Oberfläche des Stammes verwittert und sein Durchmesser betrug hier 25 Centimeter; der höher oben gelegene Theil war mit Blattnarben bedeckt und nahezu cylindrisch. Mirbel schliesst nun, wenn die Fasern in den Blättern entstehen und sämmtlich bis zur Basis des Stamms herabreichen würden oder wenn umgekehrt alle Fasern an der Basis des Stamms entstanden und zu den Blättern in die Höhe gestiegen wären, so müsste nothwendigerweise der Stamm wegen der Anhäufung der Fasern an seinem untern Ende eine conische Form besitzen. Ebenso spreche sowohl gegen die eine als die andere dieser Ansichten ein Umstand, der mir ohne Zweifel bekannt gewesen sei, nämlich die spindelförmige Anschwellung mancher Palmenstämme in ihrer Mitte, die ich nach meiner Theorie nicht erklären könne, die aber gar nichts auffallendes darbiete, da er gefunden habe, dass die Fasern in jeder Höhe am Stamme entspringen. Der sicherste Beweis gegen die Ansicht, dass die Fasern von dem Blatte bis zur Basis des Stammes verlaufen, werde jedoch durch folgende bestimmte Messungen geliefert. An dem von ihm untersuchten Dattelstamme standen auf der Länge eines Meters 337 Blattnarben, der ganze Stamm hatte also ungefähr 6268 Blätter getrieben. An der Basis eines Blattstieles fand Mirbel 500 Fasern von der Dicke eines Millimeters und 400 Fasern von $^1/_9$ Millim. Dicke, welche er 44 grösseren Fasern gleich schätzte, für die Blattscheide rechnete er 100, im Ganzen also für ein Blatt 644 und für alle Blätter des Stamms zusammen 4036592 Fasern. Ausserdem müsse man aber noch die Fasern in Anschlag bringen, welche zu den Spathen und Blüthenstielen verlaufen, ferner die ungemeine Menge von haardünnen Fasern, welche in der harten und festen Cruste der ältesten Theile des Stamms einen beträchtlichen Raum einnehmen. Wenn man diese letzteren Fasern auch nicht einmahl rechne, so liefern schon die zu den Blättern verlaufenden Fasern einen hinreichenden Beweis gegen meine Theorie, denn wenn diese letzteren Fasern bis zur Blattbasis herablaufen würden, so würde der durch dieselben gebildete Conus an seiner Basis einen Durchmesser von 2,01 Meter und einen Umfang von 6,33 Meter besitzen, während jener Stamm oberhalb seines Wurzelstocks in Wirklichkeit nur 25 Centimeter Durchmesser besessen habe.

Ehe ich die Untersuchungen Mirbel's weiter verfolge, will ich nur einige Worte über das eben Angeführte beifügen. Ich habe bei der Darstellung des Baus des Palmenstamms auf zwei Umstände aufmerksam gemacht, auf den Verlauf der Fasern und auf die Aenderung ihres Baues und ihrer Grösse an den verschiedenen Stellen ihres Verlaufes. Auf das letztere Verhältniss nahm Mirbel, als er die voranstehende Rechnung zur Bekämpfung meiner Ansicht anstellte, gar keine Rücksicht und doch musste er, wenn dieselbe ein irgend brauchbares Resultat liefern sollte, dieses nothwendigerweise thun. Mirbel sagt, die in der Mitte angeschwollenen Palmenstämme sprechen durchaus gegen meine Theorie. Das Factum, dass solche Stämme vorkommen, war mir wohl bekannt, es konnte mich aber an und für sich nicht bewegen, eine andere Theorie aufzustellen. Dass mit Entwicklung des Stamms und mit Zunahme der Kraft seiner Vegetation die höher oben stehenden Blätter grösser als die unteren sind und von ihnen eine grössere Menge von Fasern in den Stamm verlaufen, als von den untern, dass desshalb der Stamm an der Basis dieser Blätter einen grösseren Durchmesser erhalten muss, als an der Basis der un-

tern Blätter, das alles ist höchst einfach. Diese grössere Dicke müsste sich auf den untern Theil des Stamms fortsetzen und dieser dadurch eine conische Gestalt erhalten, wenn die Gefässbündel mit derselben Dicke bis zur Stammbasis herablaufen würden, keineswegs aber, wenn dieselben an der Stelle, an welcher sie unter der Oberfläche des Stamms erscheinen, so dünn werden, dass sie ungeachtet ihrer Anhäufung noch kein Aequivalent für die grössere Masse, welche ihr oberes Ende in den höher gelegenen Theilen des Stamms besitzt, bilden würden. Wie bedeutend diese Verdünnung ist, dafür können die Tafeln meiner Palmenanatomie einen Beweis liefern; es sind dieselben mittelst des Sömmerring'schen Spiegels gezeichnet, das Grössenverhältniss der verschiedenen Theile derselben Figur ist daher richtig und es wird aus einer Vergleichung der Gefässbündel und der dünnen unter der Rinde liegenden Fasern hervorgehen, dass der Querschnitt der letztern häufig um das hundertfache kleiner, als der Querschnitt der ersteren ist. Bei dieser bedeutenden Verdünnung der Gefässbündel an ihrem untern Ende, bei der weitläufigen Stellung des oberen Theiles derselben im Innern des Stamms und bei der gedrängten Stellung ihres untern fadenförmigen Theiles würde, wenn auch die Fasern am Stamme herablaufen würden, der untere Theil des Stammes eine verhältnissmässig geringe Verdickung erleiden und eine spindelförmige Verdickung des Stamms in seiner Mitte wäre immer noch nicht unmöglich. Mirbel rechnet dagegen, dass sämmtliche Gefässbündel mit der Dicke, welche sie beim Austritte aus dem Blatte in den Stamm haben, auch an seiner Basis ankommen würden und kommt zu dem Resultate, dass bei seinem Stamme die Masse dieser Fasern einen Cylinder bilden würde, dessen Querschnitt eine nahezu 64mahl grössere Fläche darbieten würde, als der Querschnitt des Stamms wirklich betrug. Um zu irgend einer brauchbaren Rechnung zu gelangen, müssten wir die Dicke des untern Endes der Fasern ausmitteln; es liegt der scheibenförmige Abschnitt eines erwachsenen Stammes von Phoenix von 34 Centimeter Durchmesser vor mir, in welchem die unter der Rinde liegenden Fasern im Mittel einen Durchmesser von 0,127 Millimeter, also nahezu $^1/_8$ Millimeter besitzen. Es würde also der Querschnitt von ungefähr 64 dieser Fasern dem Querschnitte des mittlern und obern Theiles eines Gefässbündels, wenn wir mit Mirbel bei dem letzteren den Durchmesser zu 1 Millimeter annehmen, gleichkommen. Wenn nun sämmtliche Gefässbündel unter der Form solcher dünner Fasern das untere Stammende erreichen würden, so müsste, wenn wir die Zahl der Gefässbündel des Mirbel'schen Stamms zu Grunde legen, das von ihm erhaltene Resultat um das 64fache verkleinert werden d. h. es würde die Masse dieser Fasern einen Cylinder von der Dicke des von Mirbel untersuchten Palmenstammes liefern. Ich bin weit entfernt, auf diese Rechnung irgend einen Werth zu legen, ihre Unrichtigkeit liegt klar zu Tage, indem nach ihr der Stamm aus einer compacten Fasermasse bestehen würde, sie soll nur zeigen, dass eine Rechnung, wenn sie nicht auf einer weit sicherern Basis als die Mirbel-sche beruht, nicht geeignet ist, zu einem irgend brauchbaren Resultate zu führen.

Ich gebe übrigens unbedingt zu, dass meine Angabe, es laufen die Gefässbündel unter der Form von Fasern bis zur Basis des Stamms herab, für die Palmen unrichtig war; ich wurde zu der Annahme derselben durch Untersuchung zu junger Exemplare (indem ich nur von solchen ganze Stämme zu untersuchen hatte und von erwachsenen Palmenstämmen mir nur kurze Stücke zu Gebote standen), so wie durch eine zu weit getriebene Analogie mit dem Stamme von *Dracaena, Yucca* u. s. w. verleitet. Der Grund, warum ich nun

die Ansicht, dass die Fasern bis zur Basis des erwachsenen Stammes herablaufen, für falsch halte, ist ein anatomischer. Es ist klar, dass man auf dem Querschnitte durch einen alten Palmenstamm die eben in ihrer Bildung begriffenen Fasern unter der Rinde finden müsste, wie dieses Moldenhawer bei Phoenix, von welcher er jedoch wohl keinen grossen Stamm zur Untersuchung hatte, gefunden zu haben angiebt; dieses habe ich nun bei Untersuchung von Abschnitten alter Stämme nicht gesehen, sondern alle unter der Rinde liegenden Fasern waren aus dickwandigen Zellen zusammengesetzt, waren folglich alt. Ein Nachwachsen von Fasern findet also unter der Rinde erwachsener Stämme nicht mehr statt. Ganz anders verhält es sich in dieser Beziehung mit den Stämmen von *Aletris, Dracaena* u. s. w.; hier findet sich eine vollkommen mit der Cambiumschichte der Dicotylen vergleichbare Schichte unterhalb der Rinde, in welcher parenchymatose Zellen und Faserbündel nachwachsen, durch welche Neubildungen die immerwährende Verdickung dieser Stämme veranlasst wird. Es ist somit bewiesen, dass bei den Palmen die Fasern höher oben am Stamme endigen und dass bei denselben ein ähnliches Verhältniss stattfinden muss, wie bei manchen Dicotylen, bei welchen jeder Gefässbündel sich nur durch eine bestimmte Anzahl von Internodien nach abwärts verfolgen lässt.

Gehen wir nun zu dem hauptsächlichsten Theile der Mirbel'schen Abhandlung, zu der Betrachtung der Terminalknospe über, so giebt Mirbel an, er hätte gefunden, dass im Centrum der abgeplatteten, concav vertieften, aus einem weichen, in der Entstehung begriffenen Zellgewebe bestehenden Stammspitze (welcher er den Namen des *Phyllophors* beilegt) sich im Zellgewebe zwei übereinanderliegende Spalten finden, durch welche dasselbe in aufeinanderliegende Schichten getheilt werde. Von diesen Schichten stellt nach seiner Angabe eine jede ein in der Entstehung begriffenes Blatt dar; es soll sich die oberste derselben in eine Blase erheben und diese im grössten Theile ihres Umfanges cirkelförmig einreissen. Der Isthmus bilde sich zum Blattstiel aus, der obere Theil der Blase richte sich auf, nehme eine Löffelform an und verwandle sich in das Blatt, aus der Wunde, welche das abreissende Blatt auf dem Phyllophor zurücklasse, scheine die Blattscheide hervorzuwachsen. Das Blatt nehme eine Kapuzenform an, sei an seinem Rande mit einem unregelmässigen Wulste bekleidet; die beiden Seitenhälften der Kapuze seien aus beiden Blattreihen gebildet und der Wulst, welcher die Blättchen an der Spitze vereinige, werde später resorbirt.

Die Beschreibung dieses Vorganges stimmt mit dem, was ich in Beziehung auf die erste Periode der Bildung des Palmenblattes beobachtete, nicht im mindesten überein. Ich untersuchte mit Rücksicht auf diese Angaben Mirbel's die Terminalknospe von *Phoenix* und *Cocos flexuosa,* fand aber ebenso, wie bei andern Monocotylen z. B. *Agave, Yucca* von dem von Mirbel beschriebenen Vorgange der Entstehung des Blattes unter der Form einer rings einreissenden Blase keine Spur, sondern sah die Blätter unter der Form stumpfer Wärzchen aus der Achse hervorsprossen. Dieses Wärzchen ist im Anfange im Verhältniss zu dem Theile der Achse, auf welchem es steht, schmal, indem der zuerst entstehende Theil desselben der künftigen Blattspitze entspricht; je mehr sich dasselbe ausbildet, desto mehr hebt sich die Basis aus der Stammoberfläche hervor, so dass bei den Palmen schon sehr frühe die Andeutung zur Blattscheide sichtbar wird. Ich kann mir nicht erklären, wie Mirbel zu der Ansicht kam, das Blatt entstehe unter der Form einer Blase und es liegen mehrere solcher Blasen übereinander, es müsste denn sein, diese Ansicht wäre dadurch veranlasst worden, dass

Mirbel einen Längenschnitt nicht genau durch die Achse der Knospe führte und somit die im innern Theile der Knospe nicht cylindrischen, sondern mit ihrem untern Theile beinahe flach ausgebreiteten Blattscheiden der jungen Blättchen mit dem Schnitte traf und für die Rudimente der ganzen Blätter hielt. Einen weiteren Grund gegen die Annahme, dass die Blättchen aus geschlossenen Blasen entstehen, leite ich aus der Beobachtung einer Missbildung ab, welche ich bei einem Aste von *Phoenix,* dessen Achse bis zu etwa 3″ Länge herangewachsen war, traf. An demselben hatten etwa sechs Blätter keine stengelumfassende Blattscheiden, sondern der untere scheidenartige Theil sämmtlicher Blätter bildete eine zusammenhängende, in einer Spirallinie den Stengel umkreisende Lamelle, aus welcher von Strecke zu Strecke nach oben zu ein normal gebautes Blatt austrat. Die oberen Blätter hatten vollkommen geschlossene Blattscheiden. Aehnliche Verschmelzungen von mehreren Blättern zu einer fortlaufenden Blattspirale wurden bekanntlich bei Pflanzen mit quirlförmigen Blättern z. B. bei *Casuarina* wiederholt beobachtet, ob sie sonst auch schon bei stengelumfassenden Blättern vorkamen, ist mir nicht bekannt, jedenfalls scheint mir aber der vorhin beschriebene Fall mit der Vorstellung der Entstehung der Blätter unter der Form geschlossener Blasen nicht verträglich zu sein.

Die Entwicklung des zuerst einfachen Blattes zum gefiederten Blatte ist bei den Palmen höchst eigenthümlich. Da Mirbel diesen Vorgang mehr andeutet, als beschreibt, so wird eine nähere Auseinandersetzung desselben, wenn sie auch mit dem Gegenstande dieses Aufsatzes nicht gerade in naher Verbindung steht, doch vielleicht manchem Leser nicht unangenehm sein. Schon Decandolle hat in seiner Organographie (I. 304) darauf aufmerksam gemacht, dass die Theilung des Palmenblattes in Fiederblättchen oder in Lappen eines fächerförmigen Blattes auf eine ganz eigenthümliche Weise, nämlich durch Zerreissung, vor sich gehe. Diesen Vorgang dachte sich Decandolle auf eine viel zu rohe Weise; er hatte seine Beobachtungen offenbar an schon ziemlich entwickelten Blättern angestellt, ich hatte daher alles Recht, diese Vorstellung einer mechanischen Zerreissung in meiner Palmenanatomie zu verwerfen, gieng jedoch in der Untersuchung des jungen Blattes ebenfalls nicht weit genug auf seine frühesten Entwicklungsstufen zurück, um eine genügende Darstellung des Vorganges geben zu können. Ich hatte zwar ganz richtig gefunden, dass die Trennung der Fiederblättchen schon lange vor der Entfaltung des Blattes vollendet ist und dass die Fiederblättchen nicht durch das Blattgewebe in der Knospe zusammengehalten werden, sondern durch ein lockeres Parenchym, welches mit dem Blattrande in einem sehr schmalen Streifen verwachsen ist, mit der Pubescenz des Blattes im Zusammenhange steht, mit derselben vertrocknet und abfällt, worauf die Blättchen sich frei von einander ablösen können; wenn ich dagegen dieses Gewebe für eine eigenthümliche Form der Pubescenz erklärte, so hatte ich, wie das Folgende zeigen wird, Unrecht. Ich verfolgte die Entwicklungsgeschichte des Blattes bei *Phoenix* (Tab. VI. fig. 9 — 13) und *Cocos flexuosa* (fig. 1 — 8). Bei beiden bestehen die jüngsten Blättchen (fig. 1. 12. 13), bis sie die Länge von etwa 5 Millimetern erreichen, aus einem zusammenhängenden Gewebe, welches in der Mitte, als Anlage zum künftigen Blattstiele dicker ist und zu beiden Seiten in einen verhältnissmässig dünnen Rand auslauft. Später bildet sich zwischen der verdickten Mittelrippe und dem Blattrande eine flache Furche (fig. 2), auf deren Grunde man bei noch weiterer Entwicklung nahe aneinander liegende, etwas vertiefte Querstreifen (fig. 3. 4), jedoch noch mit völ-

ligem Zusammenhange des Blattgewebes trifft. Später findet man diese Querstreifen in schmale Spalten (fig. 5—11) verwandelt, welche bei *Cocos flexuosa* die ganze Dicke des Blattes durchdringen, so dass sie auf der untern und obern Blattfläche gesehen werden (fig. 7 *b*). Die weitere Entwicklung zeigt, dass sich der zwischen je zwei Spalten liegende Theil zu einem Fiederblättchen ausbildet und auf einem Querschnitte (fig. 7 *c*) oder noch besser auf einem Längenschnitt erkennt man, dass diese Fiederblättchen zusammengefaltet sind und dass die Mittelrippe, in welcher die Faltung geschieht, bei *Cocos* in der obern Blattfläche liegt, so dass also auf der untern Blattseite doppelt so viele Spalten, als auf der obern sichtbar sind (fig. 7 *c*). Der Blattrand, in welchem die Spitzen sämmtlicher Fiederblättchen zusammenfliessen, bildet eine zusammenhängende Zellmasse, die sich nach aussen in eine scharfe Kante (den Rand des früher ungetheilten Blattes) endigt (fig. 8*). Diese Zellmasse vertrocknet später bei der vorschreitenden Entwicklung des Blattes und wird unter der Form von braunen Fäden abgeworfen, worauf nun die Blättchen frei von einander werden. Bei *Phoenix* (fig. 9 –13) verhält sich die Sache etwas anders, indem die Mittelrippe der Blättchen gegen die untere Blattseite gewendet ist und die Zellmasse, welche die Fiederblättchen verbindet, nicht blos mit den Spitzen derselben verwachsen ist, sondern über die ganze obere Blattfläche als zusammenhängende ziemlich dicke Membran fortläuft und mit den nach oben gewendeten Rändern der Fiederblättchen verwachsen ist, wesshalb die Spalten zwischen den letzteren nur auf der untern Blattfläche sichtbar sind. Das Blatt entsteht also als eine zusammenhängende Masse und die Fiederblättchen verdanken ihre Entstehung einer wirklichen Theilung des Blattes, die Theilung dringt aber nicht vom Blattrande gegen den Mittelnerven ein, sondern betrifft blos die Blattfläche, ergreift den Rand nicht und bei *Phoenix* auch nicht die obere Schichte des Blattgewebes. Diese ungetheilt bleibende Zellmasse unterscheidet sich von einer wahren Pubescenz, mit welcher sie manche Aehnlichkeit hat, durch ihre Entstehung, indem sie nicht eine Wucherung der Oberfläche des Organes ist, sondern einen wirklichen Theil des Gewebes des Blattes bildet, so wie durch den Umstand, dass bei einem Theile der Palmen z. B. bei *Phoenix* (aber nicht bei *Cocos*) in derselben Gefässbündel verlaufen.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zur Mirbel'schen Darstellung der Knospe zurück. Es wird von demselben angegeben, es laufe durch das Gewebe der Knospe eine unzählige Menge von durchsichtigen, sehr zarten Fasern, welche vom ganzen innern Umkreise des Stamms gegen die centrale Parthie des Phyllophors zusammenlaufen, wo sie mit ihrem obern Ende sich der Basis der jungen Blättchen nähern, um früher oder später mit denselben in directe Verbindung zu treten. Einigemale habe er diese Fasern in dem Momente überrascht, in welchem sie gegen die schwachen Andeutungen der Blätter hingelaufen seien. Diejenigen Physiologen, welche die Fasern von den Blättern auslaufen lassen, hätten wohl nie Gelegenheit gehabt, die Terminalknospe einer kräftigen Dattelpalme zu sehen, sie hätten ihm sonst wohl nichts zu thun übrig gelassen. Ein einziger Blick reiche hin, um sich davon zu überzeugen, dass das obere Ende dieser Fasern im Vergleiche mit ihrem unteren sehr jung sei, dass sie folglich von unten nach oben wachsen. Würden sie von den Blättern entspringen, so wären sie an ihrer Ursprungsstelle alt und lange Zeit erhärtet, ehe sie die Basis des Stammes erreichen würden.

Diese Sätze enthalten den Kern der Mirbel'schen Lehre vom Bau der Monocotylen. Leider ist die Be-

merkung, dass die früheren Bearbeiter der Palmenanatomie keine Terminalknospe eines kräftigen Stammes zu untersuchen hatten, was mich anbetrifft, nur zu gegründet und wenn ich es wage, ungeachtet mir nicht die Hülfsmittel des pariser Academikers zu Gebote standen, seine Untersuchungen einer Critik zu unterwerfen, so kenne ich zwar wohl die Schwierigkeit meines Unternehmens, hoffe aber doch, dass die Gründe, die ich anzuführen habe, nicht ohne Gewicht sein werden. Dass der erste Anblick einer durchschnittenen Palmenknospe nicht einem Jeden die Ueberzeugung, dass die Fasern von unten nach oben wachsen, aufdrängt, dafür liefert Gardner einen überzeugenden Beweis, indem er sagt, dass auch der grösste Skeptiker nur einen Längenschnitt durch einen mit seinen Blättern versehenen Palmenstamm zu sehen brauche, um sich zu überzeugen, dass seine Holzsubstanz von den Blättern gebildet werde (Annals of nat. history. VI. 61). Mir standen leider keine grösseren Knospen zu Gebote, als die Terminalknospen von einem etwa 2″ dicken Stamme von *Cocos flexuosa* und von jungen Stämmen von *Phoenix*. Ich habe nach einer mit Rücksicht auf die Mirbel'schen Angaben angestellten Untersuchung dieser Knospen gegen die Richtigkeit der anatomischen Angabe Mirbel's, dass bei *Phoenix* die zu den jungen Blättern der Knospe verlaufenden Gefässbündel unterhalb des Phyllophors härter und ausgebildeter sind als in demselben, in welchem sie einen gallertartig weichen Zustand zeigen, nichts einzuwenden. Folgt aber aus dieser Thatsache der von Mirbel abgeleitete Schluss, dass die unteren Theile der Gefässbündel älter als die oberen sind, mit Nothwendigkeit? Auf den ersten Blick ohne Zweifel, denn es ist eine allgemeine Thatsache, dass jugendliche Holzbündel weich, alte hart sind. Eine ganz andere Frage ist es dagegen, steht die Härte derselben einfach mit ihrem Alter, oder steht sie nicht zugleich und noch in einem höheren Grade mit der Entwicklungsstufe des Theils, in welchem die Gefässbündel liegen, im Zusammenhange? Mirbel nimmt das erste an, ich glaube, es lässt sich das zweite beweisen. Erinnern wir uns daran, dass bei scharfgliedrigen Pflanzen mit verlängerten Internodien z. B. bei Gräsern, Nelken, bei Ephedra ein noch nicht vollständig erwachsenes Internodium oben, so weit es der Luft ausgesetzt ist, bereits vollständig erhärtet, unten so weit es von der Scheide des untern Blattes oder Blattquirls umhüllt ist, noch von krautartiger Weichheit ist, so haben wir hier einen Fall, welcher mit dem Grundsatze, auf den sich Mirbel stützt, im grellsten Widerspruche steht. Mirbel sagt, weil bei den Palmen die Gefässbündel oben weicher als unten sind, so ist ihr unterer Theil älter, sie sind folglich von unten nach oben gewachsen; mit demselben Rechte müsste er, wenn er ein Internodium von *Zea Mays* spaltet, das Gegentheil annehmen. Entblättern wir ferner eine Terminalknospe von *Phoenix*, so werden wir bei den halbentwickelten Blättern derselben, welche eine Länge von etwa 1—3′ erreicht haben, den aus der Knospe hervorstehenden Theil des Blattstiels bereits grün und fest verholzt, dagegen die Basis des Blattstiels und die Blattscheide ungefärbt und sehr weich finden; die Gefässbündel des obern Theils treffen wir durchaus verholzt, die des untern Theils noch halb gallertartig, durchscheinend, kurz wir finden hier zwischen dem obern und untern Ende der Gefässbündel (nur in umgekehrter Ordnung) dieselben Verschiedenheiten, wie bei den Gefässbündeln des Stammes. Sollen wir hieraus den Schluss ableiten, dass die Gefässbündel im Blatte von oben nach unten wachsen, dass der obere Theil derselben um vieles älter als der untere ist? Das wird Niemand behaupten wollen, denn beim Palmenblatte muss man daraus, dass schon sehr kleine

Blättchen mit einer Scheide versehen sind, den Schluss ziehen, dass das Wachsthum des Blattes auf einer Ausdehnung des ganzen jugendlichen Blattes und nicht auf einem späteren Nachwachsen seines untern Theiles beruht. Aus diesen Umständen geht mit Gewissheit hervor, dass die grössten Unterschiede in der Festigkeit und Ausbildung in den verschiedenen Theilen desselben Gefässbündels neben einander vorkommen und darin begründet sein können, dass der Uebergang von der rudimentären Anlage zum verholzten Zustande in den verschiedenen Theilen desselben mit verschiedener Schnelligkeit erfolgt und dem ungleichförmigen Wachsthume des Organs, in welchem der Gefässbündel liegt, parallel geht. Da nun im allgemeinen der obere Theil des Blattes zuerst und beim langsam wachsenden Palmenblatte eine sehr geraume Zeit vor dem untern Theile seine volle Ausbildung erreicht, so geschieht dasselbe auch in den Gefässbündeln seines Blattstiels und es kann die Richtung, in welcher die Verholzung derselben vorschreitet, durchaus nicht als ein Zeichen für die Richtung, in welcher die Rudimente derselben bei ihrer ersten Bildung auftraten, betrachtet werden. Ein Gefässbündel, welcher von der Spitze des Blattstiels eines solchen halb ausgebildeten Blattes durch den Blattstiel und die Knospe bis zur Aussenfläche eines weiter unten gelegenen Theiles des Stammes verlauft, kann nach dem Gesagten an beiden Enden, die in bereits ausgebildeten und erhärteten Organen liegen, seine volle Ausbildung und Festigkeit zeigen, dagegen in seinem mittleren Theile während seines Verlaufes durch den untern Theil des Blattstiels und durch den obern weichen Theil des in der Knospe verborgenen Theils des Stammes (des Phyllophors) gallertartig weich und in Beziehung auf die anatomische Ausbildung seiner einzelnen Elementarorgane noch in jugendlichem Zustande sein. In demselben Verhältnisse, wie diese weichen Theile sich weiter entwickeln, der Theil des Phyllophors, durch welchen der Gefässbündel verlauft, zu einem Theil des Stammes wird, der Blattstiel und die Blattscheide ihre volle Grösse erreichen und erhärten, wird auch der weiche Theil des Gefässbündels an Grösse und innerer Ausbildung zunehmen, endlich sein Wachsthum beendigen und erhärten. Dieses und nichts weiter lehrt uns der Anblick einer durchschnittenen Knospe und wenn Mirbel in der Zunahme der Härte, welche die Gefässbündel in der Richtung von oben nach unten zeigen, einen Beweis für die Richtung, in welcher sie entstehen, findet, so ist die Gültigkeit dieser Schlussfolgerung durchaus in Abrede zu ziehen.

Die Frage, in welcher Richtung die Gefässbündel bei ihrer ersten Entstehung sich ausbilden, kann nur durch unmittelbare Beobachtung ihres Entstehungsprocesses, daher nur durch mikroskopische Untersuchung entschieden werden. Mirbel vernachlässigte die sich hierauf beziehenden Untersuchungen nicht und giebt an, er hätte einigemahl die Gefässbündel in dem Momente, in welchem sie sich gegen die schwachen Andeutungen der Blätter hinbegeben haben, überrascht. Auch ich kam bei der Untersuchung der Terminalknospen verschiedener Monocotylen, namentlich von *Iris, Acorus Calamus,* von den Zwiebeln von *Narcissus poëticus* zu dem Resultate, dass die ersten, unter der Form von durchsichtigen Streifen eines zarten Zellgewebes erscheinenden Andeutungen der Gefässbündel unterhalb der jüngsten Blätter im Achsentheile der Knospe zu finden sind, ehe sie in den Blättern auftreten und dass später die Entstehung der Gefässe in diesen rudimentären Gefässbündeln in derselben Richtung erfolgt. Diese Resultate wurden durch die Untersuchungen von Schleiden (Grundz. II. 189), Meneghini (intorno alla struttura del tronco delle Monocotiledoni in: Mis-

cellanee di Chimica, Fisica e Storia naturale. 1843) und NAUDIN (Annal. d. sc. natur. 1844. I. 162) vollkommen bestätigt und es wird nach diesen übereinstimmenden Erfahrungen keinem Zweifel unterworfen sein, dass das obere Ende der Gefässbündel von unten nach oben wächst und dass wir den Ursprung derselben im Stamme und nicht im Blatte zu suchen haben. Eine ganz andere Frage ist es dagegen, ob dem ganzen Gefässbündel dieser Entwicklungsprocess zukommt, oder ob nicht sein unteres, im Stamme abwärts laufendes Ende in entgegengesetzter Richtung wächst. MIRBEL nimmt das erstere an und versichert, dass bei den Palmen derselbe Gefässbündel an seinem unteren, aus der innern Peripherie des Stammes entspringenden Ende bereits die Eigenschaften des ausgebildeten Holzes und in seinem mittleren Theile den halb erhärteten Zustand des Splintes zeige, während er an seiner Spitze aus einem in der Entstehung begriffenen Gewebe bestehe. Hat MIRBEL dieses je wirklich beobachtet? Hieran erlaube ich mir zu zweifeln. Meinen Erfahrungen zufolge begiebt sich der Gefässbündel einer Palme, dessen unteres Ende bereits holzartige Festigkeit zeigt, nicht zu einem Blattrudimente, sondern zu einem bereits in seiner Entwicklung vorgeschrittenen Blatte, er kann daher, wenn auch die im obern Theile des Stammes liegende Strecke desselben aus den weiter oben auseinandergesetzten Gründen noch sehr weich ist, über die Art und Weise seines ersten Auftretens keinen Aufschluss mehr gewähren. Diesen können wir auf eine entscheidende Weise nur dann erhalten, wenn es gelingt, solche Gefässbündel, deren oberes Ende noch kein Blatt erreicht hat, nach unten zu verfolgen und ihre weitere stufenweise Entwicklung zu beobachten. Dieses in einem Palmenstamme zu thun war mir wegen der grossen Menge und wegen des verwickelten Verlaufes seiner Gefässbündel unmöglich und meine Bemühungen, dieses Verhältniss durch bestimmte Beobachtungen zu ermitteln, schlugen gänzlich fehl. Wenn ich es dessenunerachtet wage, auf Besprechung dieser Frage einzugehen und eine Entscheidung derselben aus entfernter liegenden Erscheinungen abzuleiten, so weiss ich zwar wohl, dass dieses Verfahren keine Gewissheit, sondern höchstens einen gewissen Grad von Wahrscheinlichkeit gewähren kann, hoffe aber doch, dass eine solche Betrachtungsweise nicht ganz ohne Nutzen sein wird. Zuerst ist wohl zu untersuchen, ob ein in der Entwicklung befindlicher Gefässbündel immer nur nach einer Richtung hin wächst, oder ob nicht Fälle vorkommen, in welchen sich beide Enden desselben nach entgegengesetzten Richtungen hin verlängern. Meiner Ansicht nach kommt der letztere Fall unzweifelhaft vor, namentlich am Insertionspuncte einer Wurzel auf einem Monocotylenstamme und eines Wurzelastes auf einer Monocotylenwurzel. In diesen beiden Fällen und besonders deutlich im letzteren sieht man in dem zelligen Knoten, mit welchem die Bildung der Wurzel beginnt, Gefässbündel entstehen, deren gegen die Wurzelspitze gerichtetes Ende mit dem weiteren Wachsthume der Wurzel in die Länge wächst, während das andere Ende in entgegengesetzter Richtung in den Stamm oder die primäre Wurzel eindringt. Auf analoge Weise besitzt auch, wie wiederum bei den Monocotylen deutlicher, als bei den Dicotylen zu beobachten ist, die zu einem beblätterten Aste sich entwickelnde Knospe ihr eigenes, von den Gefässbündeln des Stammes unabhängiges Gefässbündelsystem, dessen untere Endigungen auf den Stamm übertreten und sich über einen grösseren oder geringeren Theil seiner Holzmasse ausbreiten. Diese Gefässbündel sind nun nichts anders, als die untern Endigungen der Gefässbündel dieses Astes und es liegt beim Anblicke dieser auf den Stamm übertretenden Fasern die Ver-

muthung, dass sie sich in der Richtung von oben nach unten entwickelt haben, am nächsten. Gegen diese sich zunächst aufdringende Erklärung kann man allerdings einwenden, dass in der Thatsache des Uebertretens jener Gefässbündel auf den Stamm der Beweis dafür, dass dieselben sich in der Richtung von oben nach unten ausbildeten, noch nicht liege, sondern dass ebenso gut durch die Anwesenheit des Astes, durch die Anziehung, die er auf die Säftemasse des Stammes ausübe, Veranlassung zur Bildung jener Gefässbündel im Stamme selbst gegeben werden könne und dass dieselben vom Stamme zu dem Aste in die Höhe wachsen können. Nun scheint aber in der Richtung, welche die unter der Rinde der Monocotylenstämme liegenden Fasern bei Verwundungen des Stammes annehmen, ein Beweis dafür zu liegen, dass ihre Bildung wirklich in der Richtung von oben nach unten erfolgt. Es liegt der Stamm einer alten *Yucca* vor mir, an welchem während des Lebens der Pflanze viele Aeste an der Oberfläche des Stammes abgesägt worden waren und welcher auch sonst Verletzungen, die bis auf die Faserschichte eindrangen, erlitten hatte. An diesen verwundeten Stellen hatten sich, wie an einem Dicotylenstamme, Ueberwallungen gebildet, in welchen die Fasern, welche von oben her gegen die verwundete Stelle zulaufen, bis an den obern Wundrand gelangen, alsdann zu beiden Seiten ausweichen, längs der Seitenränder herablaufen und eine Strecke unterhalb der verwundeten Stelle unter einem sehr spitzen Winkel von beiden Seiten sich einander wieder nähern. Auf diese Weise wurde am obern Rande und an den Seiten der Wunde eine Ueberwallung gebildet, während dieselbe am untern Rande fehlt. Würden die Fasern, wie dieses Mirbel annimmt, von unten heraufwachsen, so müssten sie den untern Wundrand erreichen, an demselben seitwärts ausweichen und oberhalb der Wunde sich allmählig einander nähern, die Ueberwallung müsste daher an der untern und nicht an der obern Seite der Wunde entstehen. Hiebei ist zu bemerken, dass diese Ueberwallungen nicht, wie bei den Dicotylen, durch ein Dickewachsthum älterer, bei der Verwundung bereits vorhandener Gefässbündel vermittelt, sondern von neu sich entwickelnden Gefässbündeln gebildet werden, welche von denen der unterliegenden völlig getrennt sind, wie überhaupt auch bei normalem Wachsthume des Stammes die übereinanderliegenden Faserschichten desselben nicht mit den Jahresringen der Dicotylen zu vergleichen, sondern als ganz isolirte Bildungen zu betrachten sind, was sich besonders in der Richtung der Spirallinie, in welcher die Fasern verlaufen, ausspricht, indem diese Spirale auf analoge Weise, wie bei *Xanthorrhoea* in den aufeinanderfolgenden Schichten von rechts nach links abwechselt. Die Analogie zwischen dem Baue des Stammes einer Yucca und einer Palme ist so gross, dass wir wohl von den Erscheinungen, welche wir an dem ersteren beobachten, einen Schluss auf die Vorgänge im zweiten zu machen berechtigt sind. Der Unterschied zwischen beiden Stämmen liegt hauptsächlich darin, dass bei Yucca die untern Endigungen der Gefässbündel unter der Form eines engen Fasernetzes bis zur Basis des Stammes herablaufen und dass in Folge der fortdauernden Ablagerungen von neuen Faserschichten der Stamm ein ununterbrochenes Wachsthum in die Dicke zeigt, während bei den Palmen die unteren faserförmigen Endigungen der Gefässbündel in der Regel einfach bleiben und nicht bis zur Basis des Stammes abwärts laufen. Als eine Annäherung an die Bildung dieses Fasernetzes ist bei den Palmen wohl der von mir bei *Cocos* beobachtete Fall, die Auflösung der Gefässbündel in eine Anzahl von dünnen Fasern (pag. 133) zu betrachten. Diese zwischen dem Stamme von Yucca und dem

Palmenstamme stattfindenden Verschiedenheiten sind ohne Zweifel nicht von der Bedeutung, dass sie eine wesentliche Verschiedenheit in der Art der Entwicklung der Gefässbündel vermuthen lassen. Da nun bei einem jeden Monocotylenstamme in Folge der Entwicklung eines Astes Gefässbündel auftreten, welche ohne die Bildung jenes Astes nicht entstanden wären, da diese Gefässbündel eine desto grössere Masse bilden und sich von der Basis des Astes auf eine desto grössere Strecke am Stamme verbreiten, je älter der Ast wird, da bei Yucca in der Nähe von Stammwunden der Verlauf der Gefässbündel solche mechanische Verhältnisse zeigt, wie sie in Folge eines Herabwachsens der Gefässbündel am Stamme eintreten müssen, so ist es wohl gerechtfertigt, wenn ich die Angabe Mirbel's, dass die Gefässbündel der Palmen von unten nach oben wachsen, für eine mit den Erscheinungen des Wachsthumes der Monocotylen im Widerspruch stehende Meinung erkläre und es im Gegentheile für wahrscheinlich erachte, dass der untere Theil dieser Gefässbündel sich in der Richtung von oben nach unten entwickle.

Zu demselben Resultate gelangte Meneghini durch eine von der meinigen gänzlich verschiedene Reihe von Schlussfolgerungen. Er hatte schon in seiner ersten Schrift über den Bau der Monocotylen (ricerche sulla struttura del caule nelle piante monocotiledoni. 1836. p. 77) angegeben, dass die Bildung von Gefässbündeln durch bestimmte Strömungen von Nahrungssäften hervorgerufen werde, ohne jedoch diese Ansicht näher auszuführen. In einem neueren Aufsatze (intorno alla struttura del tronco delle Monocotiledoni) stellt er über den Zusammenhang zwischen den Saftströmungen und der Entstehung der Gefässbündel und über die Abhängigkeit der Richtung, in welcher sich die Fasern entwickeln, vom Säftelauf folgende Theorie auf. Das in der Entwicklung begriffene, im Centrum der Knospe befindliche Blatt bildet den Brennpunct von Saftströmungen, welche von der Peripherie der Knospe nach dem Blatte convergiren und zur Entstehung von Gefässbündeln Veranlassung geben. Der auf diese Weise entstandene Theil der Gefässbündel bildet, wenn das Blatt im Laufe seiner weitern Ausbildung an die Peripherie des Stammes hinausgetreten ist, den untern Theil seiner Gefässbündel, indem der obere Theil derselben erst nach jenem ersten Theile allmählig und in dem Verhältnisse, wie das Blatt sich entwickelt und seine spätere Stelle einnimmt, nachwächst. Während der Ausbildung des Blattes erlangen die gegen dasselbe hinlaufenden Saftströmungen und mit ihnen die Organisation der Gefässbündel in der Cambiumschichte des Stammes eine immer grössere Ausdehnung in der Richtung von oben nach unten. Wenn das Blatt aus der Knospe hervorgetreten und grün geworden ist, so fliessen die demselben im Ueberflusse zuströmenden Säfte in assimilirtem Zustande neben den aufsteigenden Säften zurück und geben zur Bildung von Bastzellen Veranlassung. Der aufsteigende Saft, welcher desto weniger ausgearbeitet ist, je näher er sich der Wurzel, die ihn aufsaugt, befindet, muss auf die Metamorphose der Zellen, durch welche er fliesst, in desto stärkerem Grade einwirken, je näher er dem Puncte, von dem er vorzugsweise angezogen wird, kommt; es muss daher die Bildung der Gefässe, welche von ihm abhängt, im Blatte beginnen und von hier aus zur Wurzel absteigen. Der absteigende Saft dagegen, welcher in der Ernährung der Zellen verzehrt wird, muss desto mehr von seiner Wirksamkeit verlieren, je weiter er sich von den Blättern entfernt. Die Bildung der Gefässe beruht auf dem aufsteigenden, die Bildung der Bastzellen auf dem absteigenden Safte; die erstere herrscht daher in dem oberen Theile der Ge-

fässbündel, die andere in ihrem unteren Theile vor und man muss aus doppeltem Grunde die Gefässbündel in Hinsicht auf ihre organische Bildung als absteigend von dem im Centrum der Knospe befindlichen, im Anfange seiner Bildung begriffenen Blatte betrachten.

Kehren wir zur Darstellung Mirbel's zurück, so ist die Art und Weise, wie sich bei *Phoenix* die Gefässbündel nach unten endigen, von demselben nicht näher angegeben. Auch mir ist es, wie schon oben bemerkt, nicht geglückt, dieses Verhältniss mit Bestimmtheit auszumitteln. Man findet allerdings, wie ich in meiner Beschreibung des Palmenstammes angab, dass ein Theil der Gefässbündel nach unten mit andern Gefässbündeln verschmilzt, oder. wie sich die Phytotomen, welche ihnen einen aufsteigenden Verlauf zuschreiben, ausdrücken, Aeste von andern, in tiefer unten gelegene Blätter eintretenden Gefässbündeln bildet, dieses Verhältniss lässt sich aber nur für den geringsten Theil derselben und namentlich nicht für die haarförmigen Fasern, in welche sich die Gefässbündel in den äussern Stammschichten endigen, nachweisen. Es ist desshalb wahrscheinlich, dass sich die Mehrzahl der Gefässbündel im Zellgewebe unter der Rinde blind endigt. Es könnte diese Annahme für die Erklärung, wie der Saft in die Höhe steigt, eine Schwierigkeit darzubieten scheinen, allein wir treffen bei den Gefässbündeln der Corona vieler Dicotylen z. B. bei *Laurus nobilis, Quercus, Rosa* genau dasselbe Verhältniss, indem die zu einem Blatte verlaufenden Gefässbündel ohne irgend eine Verbindung mit denen eines andern Blattes einzugehen am Stamme herablaufen und sich allmählig unter der Form von dünnen Fasern, welche nicht weiter nach unten zu verfolgt werden können, zuspitzen. Bei diesen Pflanzen muss der aufsteigende Saft, wenn er durch einen Gefässbündel geflossen ist, um zu einem zweiten zu gelangen, seitwärts in das Zellgewebe austreten und von diesem in den benachbarten Gefässbündel überfliessen. Dieses Verhältniss findet jedoch, wie schon mehrmahls bemerkt wurde, nicht bei allen baumförmigen Monocotylen statt, indem bei *Dracaena, Yucca, Xanthorrhoea* die untern Endigungen der Gefässbündel untereinander seitwärts verwachsen und auf diese Weise ein zusammenhängendes Fasernetz über den ganzen Stamm bilden.

Mirbel unterscheidet im Stamme der Dattelpalme verschiedene Arten von Gefässbündeln: 1) die, welche sich im Innern des Stammes finden und die hauptsächlichste Masse seines Holzes bilden, 2) haarförmige Fasern, welche in der peripherischen Region des Stammes und der Blattstiele in grosser Menge liegen, im Innern des Stammes nicht vorkommen und eine 36mahl geringere Dicke als die ersteren haben. Diese dünneren Fasern enthalten keine Gefässe, sondern bestehen blos aus verlängerten, dickwandigen Zellen. Ich habe in meiner Beschreibung des Palmenstammes ebenfalls auf diese Verschiedenheiten aufmerksam gemacht und angeführt, dass die zweite Classe von Fasern die untern Endigungen von Bündeln sind, welche ohne vorher ins Innere des Stamms einzutreten, in die äussern Schichten der Blätter verlaufen und sich hier grossentheils in wahre Gefässbündel verwandeln. Unger machte zuerst darauf aufmerksam, dass diese Fasern von späterer Entstehung, als die im Innern des Stammes liegenden Gefässbündel sind, vorzugsweise machte aber Meneghini auf den Umstand aufmerksam, dass überhaupt die verschiedenen Gefässbündel desselben Blattes nicht auf gleiche Tiefe in den Stamm eindringen und dass diese Verschiedenheit auf dem Umstande beruhe, dass das Blatt während seiner Entwicklung vom Centrum der Achse auf ihre Peripherie

hinaustrete und jeder Gefässbündel mit seiner inneren Krümmung nur den Punct erreiche, an welchem sich gerade das Blatt in dem Momente befunden habe, in welchem die Organisation des Gefässbündels begann (intorno alla struttura del tronco delle Monocotiledoni. 12.).

Unter den Gefässbündeln hebt Mirbel einen Theil unter dem Ausdrucke der Vorläufer (précurseurs) besonders hervor. Diesen Namen legt er ihnen bei, weil sie die ersten seien, die sich mit den Blättern verbinden. Ihre Zahl ist nach ihm die gleiche wie die der Blätter in jedem Schritte der Blattspirale (de chaque pas d'hélice) und sie erscheinen in Entfernungen, welche durch die Länge der Internodien gemessen werden. Sie liegen im Centrum des Stammes in einem Bündel; ein jeder derselben tritt einzeln aus diesem centralen Bündel hervor und begiebt sich schief aufwärts in ein Blatt. Auf diesem Wege schliessen sich an ihn zahlreiche andere Gefässbündel an. An der Stelle, an welcher der Vorläufer die senkrechte Richtung verlässt, um sich zu einem Blatte zu begeben, schickt er gewöhnlich einen, seltener zwei bis drei Aeste ab, welche senkrecht in die Höhe steigen und wahrscheinlich zu höher oben gelegenen Blättern verlaufen. Es ist dieses das einzige Beispiel von Verästelung einer Faser, welches Mirbel in der Dattelpalme vorkam.

Das bisher Gesagte, fährt Mirbel fort, stehe in keinem Widerspruche mit meinen Angaben, wohl aber der Umstand, dass das untere Ende der Vorläufer nicht in gerader Richtung am Stamme herablaufe, sondern sich auf die dem Blatte entgegengesetzte Seite des Stammes begebe, woraus hervorgehe, dass die Vorläufer, welche sich zu einem jeden Umlaufe der Blattspirale begeben, sich im centralen Bündel kreuzen und zwei in einander geöffnete Kegel, einen aufrechten und einen umgekehrten, bilden. Darüber, ob die Richtung, in welcher diese Fasern von der geraden Linie abweichen, für alle die gleiche ist oder nicht, spricht sich Mirbel nicht aus, so wie er auch davon, dass Meneghini diesem Verhältnisse eine ganz besondere Aufmerksamkeit widmete und von der durch denselben gegebenen Erklärung keine Erwähnung thut. Es giebt mir somit Mirbel bei seiner laconischen Behandlung dieses Punctes, welchen er als die hauptsächlichste Differenz unserer Arbeiten bezeichnet, keine Gelegenheit, seine Ansichten über denselben näher kennen zu lernen und zu besprechen, wie ich denn auch gestehen muss, dass mir aus seinem Aufsatze nicht klar geworden ist, wie und warum er die von ihm Vorläufer genannten Fasern von den übrigen entwickelten Gefässbündeln unterscheidet und dass ich dieselben nicht kenne.

Erklärung der Abbildungen auf Tab. VI.

Fig. 1—8. Junge Blätter der Terminalknospe von *Cocos flexuosa,* an welchen die allmählige Entstehung der Fiederblättchen sichtbar ist. Die mit *a* bezeichneten Figuren stellen die Blättchen in natürlicher Grösse, die mit *b* bezeichneten stellen dieselben vergrössert dar. Anfänglich (fig. 1. 2.) findet sich am Rande der Blättchen eine seichte Furche, später (fig. 3. 4.) finden sich im Grunde der Furche zarte Querstreifen, diese verwandeln sich (fig. 5—8.) in Spalten, welche die Substanz des Blattes durchdringen und dieselbe in Fiederblättchen theilen, wie auf dem Querschnitte (fig. 7. *c.*) zu sehen ist. Der Rand der Fiederblättchen ist durch eine zellige Masse (fig. 8. *), die dem ursprünglichen Blattrande entspricht und später vertrocknet, verbunden.

Fig. 9—12. Junge Blätter der Knospe von *Phoenix dactylifera,* bei welchen die Fiederblättchen ebenfalls durch Spalten, welche das einfache Blatt theilen, entstehen.

XII.

Untersuchungen über den Mittelstock von Tamus Elephantipes L.

(Dissertation vom Jahr 1836.)

Bei vielen, besonders monocotylen Gewächsen sehen wir den unteren Theil ihres Stammes in Beziehung auf äussere Form, inneren Bau und Lebensdauer gänzlich verschieden von dem oberen Theile desselben. Dieser untere Theil ist nämlich mehr oder weniger knollenartig verdickt, er zeigt meistens ein schwaches Wachsthum in die Länge, besitzt häufig eine mehr oder weniger geneigte oder eine vollkommen horizontale Richtung, ist häufig unter der Oberfläche des Bodens verborgen, seine Blätter sind selten vollkommen ausgebildet, sondern erscheinen meistens unter der Form von Schuppen, in seinem reichlichen Zellgewebe ist eine grosse Menge von nährenden Substanzen, Amylum, Schleim u. dgl. niedergelegt.

Dieser untere Theil des Stammes, welcher im Allgemeinen mit dem Ausdrucke des Caudex intermedius, und nach den Verschiedenheiten seiner Form, nach der grössern oder geringern Ausbildung seiner Blätter u. s. w. mit den Ausdrücken des Bulbus, Tuber, Bulbo-tuber, Rhizoma etc. bezeichnet wird und welcher früher, als die Organographie der Gewächse noch in ihrer Kindheit lag, beinahe durchgängig zu der Wurzel gerechnet wurde, besitzt meistentheils eine vieljährige Dauer und treibt alljährlich einen oder mehrere oberirdische, theils nur mit Blüthen besetzte und alsdann Scapus genannte, theils mit Blättern und Blüthen besetzte einjährige Stengel. Der Umstand, dass diese Stengel, auch wenn sie neben den Blüthen mit Vegetationsblättern besetzt sind, nach einmahligem Fruchttragen absterben, nähert dieselben der Inflorescenz (d. h. dem blos mit Fructificationsblättern besetzten Theile des Stammes) und es liegt darin, dass der Stamm der mit einem Rhizome versehenen Gewächse unter einer gedoppelten Form auftritt, durchaus kein Widerspruch gegen die Annahme, dass jene Rhizome als Stamm zu betrachten seien. Es folgt nämlich hieraus noch nicht, dass diese Pflanzen zweierlei ganz verschiedene Stämme besitzen, sondern blos, dass die verschiedenen Theile eines und desselben Stammes eine verschiedene Lebensverrichtung besitzen, etwa auf ähnliche Weise, wie sich die mit Blüthen besetzten Achsen von den mit Vegetationsblättern besetzten Theilen des Stammes unterscheiden, ohne desshalb aufzuhören, Theile desselben Stammes zu sein.

Bei den meisten dieser knollenartig verdickten Stämme ist ihre Stammnatur leicht an dem Umstande zu erkennen, dass sie mit wirklichen ausgebildeten Blättern, oder doch mit mehr oder weniger blattähnlichen

Schuppen besetzt sind, welche bei der Ausbildung der Stammspitze zu einem oberirdischen, mit Blättern und Blüthen besetzten Stamme einen allmähligen Uebergang in wahre Blätter zeigen, z. B. bei den meisten Zwiebeln, oder aus deren Achseln die Knospen hervorbrechen, welche theils zur Vergrösserung, theils zur Erneuerung des knollenartigen Stammes selbst dienen, wenn sein Längewachsthum durch Entwicklung seiner Spitze zu einem blüthentragenden oberirdischen Stamme für immer abgeschnitten ist, z. B. bei einer *Iris*, oder wenn der knollenartig verdickte Stamm selbst durch die Fruchtentwicklung erschöpft zu Grunde geht, wie dieses bei den meisten Zwiebeln der Fall ist. Die Stelle, an welcher diese Knospen hervorbrechen, ist sehr verschieden, bald liegen dieselben gegen die Spitze des Rhizomes zu, und in diesem Falle bildet der aus diesen Knospen entstehende Ast eine deutliche Verzweigung oder auch scheinbar eine unmittelbare Fortsetzung des Stammes in seiner Längenrichtung, indem in diesen Fällen der unterhalb des Ansatzpunctes der Knospe liegende Theil des Stammes sich noch kürzere oder längere Zeit lebend erhalten kann; oder es brechen die Knospen in der Achsel der unteren Schuppen des Stammes hervor, was zur Folge hat, dass der alte, knollenartig verdickte Stamm abstirbt, und seine Stelle durch die neugebildeten Knospen ersetzt wird, wie dieses meistens bei den Zwiebeln der Fall ist.

Ausser dieser Production von regelmässigen, in der Achsel von Blättern oder Schuppen sitzenden Knospen kommt diesen verdickten Stämmen in hohem Grade die Fähigkeit Adventivknospen zu erzeugen zu. Obgleich diese Fähigkeit eine Eigenschaft eines jeden mit einer hinreichenden Menge saftigen Zellgewebes versehenen Pflanzentheiles ist, so findet sie sich doch bei jenen knollenartigen Stämmen in besonders hohem Grade, weil dieselben nicht nur ein reichliches, parenchymatoses, saftiges Zellgewebe besitzen, sondern hauptsächlich, weil in denselben eine grosse Menge von Nahrungsstoffen niedergelegt ist, welche das zur Bildung der Adventivknospen nöthige Material liefern, und auf deren Kosten der knollenförmige Stamm lange Zeit leben kann, bis die neugebildete Knospe Blätter getrieben hat und zur Ernährung selbstthätig mitwirken kann. Die Leichtigkeit, mit welcher solche knollenförmige Stämme Adventivknospen entwickeln, bietet ein gutes Mittel dar, um manche solcher Pflanzen, welche geringe Neigung zur Verästelung haben, künstlich zu vermehren, z. B. *Cyclamen*, indem man nur nöthig hat, den knollenförmigen Stamm durch senkrecht von seiner Spitze gegen seine Basis geführte, tief eindringende Einschnitte in einzelne Abtheilungen (welche man anfänglich noch an der Basis des Stammes in Verbindung lässt) zu trennen, um jede dieser Abtheilungen zur Entwicklung einer Adventivknospe zu nöthigen.

Unter diesen knollenartigen Stämmen erregt nicht leicht einer die Aufmerksamkeit in so hohem Grade, als der von *Tamus Elephantipes* L., welcher nicht blos durch seine Grösse, durch seine sonderbare Form, sondern hauptsächlich durch die Art und Weise, auf welche sich seine jährigen, Blätter und Blüthen tragenden Stengel entwickeln, beinahe von allen ähnlichen Bildungen auf das auffallendste abweicht.

Der Umstand, dass in den botanischen Gärten von Stuttgart und Tübingen diese Pflanze vor einigen Jahren in grösserer Menge aus Samen erzogen worden war, verschaffte mir die Gelegenheit, einige Untersuchungen über dieselbe anstellen zu können, deren Resultat der Mittheilung nicht unwerth zu sein scheint.

Leider hatte ich keine Gelegenheit, die ersten Entwicklungsstufen des keimenden Pflänzchens beobach-

ten zu können, indem die jüngsten Exemplare, welche mir zur Untersuchung zu Gebote standen, bereits dreijährig waren und die Samen, welche ich, um die Keimung beobachten zu können, aussäete, sich nicht mehr entwickelten. So viel ist jedoch den Aussagen der Gärtner nach gewiss (und nach der Keimung von *Tamus communis* zu schliessen auch wahrscheinlich), dass die keimende Pflanze im ersten Jahre noch keinen mit Blättern besetzten Stengel treibt, sondern ihre ganze Vegetationskraft auf Ausbildung eines knolligen Stämmchens verwendet, welches im ersten Jahre weisslich und völlig glatt ist, und etwa die Grösse einer Haselnuss erreicht. Ob nun dieser knollenartig verdickte Stamm aus dem untersten Internodium, oder ob er, wie es bei *Tamus communis* nach den Untersuchungen von Dutrochet [1]) der Fall zu sein scheint, aus dem zweiten Internodium des Keimpflänzchens sich entwickelt, bin ich aus dem angegebenen Grunde nicht im Stande anzugeben; in jedem Falle entwickelt er sich durch Anschwellung eines einzigen Internodium, indem man an demselben durchaus keine Spuren von Blättern, Schuppen oder dgl. bemerkt.

Bei der dreijährigen Pflanze hat der knollenartige Stamm etwa die Grösse einer Wallnuss erreicht, besitzt bald eine mehr längliche, bald eine mehr abgeplattete Form, seine Basis ist flach. Das ursprüngliche Würzelchen, welches den Mittelpunct dieser untern Fläche einnahm, ist wie dieses bei den Monocotylen Regel ist, abgestorben und durch einen Kranz von Faserwürzelchen ersetzt, welche auf dem Rande zwischen der untern Fläche und den Seitenflächen des Knollens stehen. Die Rindensubstanz des Knollens ist saftig, hellbraun und glatt; bei solchen Knollen, welche ein ungewöhnlich starkes Wachsthum zeigten, fieng sie an, unregelmässig auf ihrer Oberfläche einzureissen. Aus der Spitze des Knollen war ein kleines, mit wenigen Blättern besetztes Stengelchen hervorgewachsen.

Zur genaueren Untersuchung wählte ich einige, etwa acht Jahre alte Stämme, welche einen Durchmesser von ungefähr drei Zoll besassen, deren Rinde bereits die bekannten unregelmässig eckigen Hervorragungen sehr ausgebildet besass und deren beblätterter Stamm ungefähr eine Elle lang war. Bei diesen zeigte die untere Fläche eine flache schüsselförmige Vertiefung und gieng mit einem abgerundeten Rande in die Seitenflächen über. Auf der Grundfläche selbst sassen keine Wurzeln, wohl aber sah man noch in (jedoch nicht regelmässig) concentrischen Kreisen die Spuren von früher auf derselben vorhandenen Wurzeln. Dagegen sass auf dem Rande der Grundfläche eine ziemliche Menge von unregelmässig und ziemlich stark verästelten Faserwurzeln. Auf der Spitze des Knollens befand sich der vegetirende Stengel, und neben diesem die Ueberreste der Stengel der 3—4 letzten Jahre.

Theilt man einen solchen knollenförmigen Stamm durch einen senkrechten Schnitt in seiner Mitte, so sieht man, dass die hauptsächlichste Masse desselben parenchymatos, ungefähr von der Consistenz einer Kartoffel und weissgelblich gefärbt ist. Die Hervorragungen, welche die ganze convexe Fläche des Knollen bedecken, bestehen aus einer trockenen, braunen, korkähnlichen Masse und sind durch eine scharfe Grenzlinie vom inneren belebten Theile des Stammes geschieden, ganz auf ähnliche Weise, wie der Kork einer Korkeiche auf dem belebten Theile der Rinde aufsitzt. Die Spalten, welche die Korkmasse in die zapfenför-

1) Nouvelles annales du Muséum. Tom. IV. p. 169 etc.

migen Hervorragungen trennen, dringen bis zum belebten Theile der Rinde ein. Die Korkmasse ist auf der oberen Fläche des Knollens am dicksten, verdünnt sich allmählig gegen den unteren Rand desselben hin und überzieht die Grundfläche nur in Form einer, etwa $^1/_4$ Linie dicken braunen Haut. Unterhalb der Korkmasse liegt auf dem ganzen convexen Theile und auf der Grundfläche des Stammes eine etwa eine Linie dicke Rinde, welche von der inneren Substanz durch eine zarte, etwas dunklere Linie, welche der Cambiumschichte der Dicotylen entspricht, geschieden wird und nach aussen zu, besonders an denjenigen Stellen, an welchen die Risse der Korksubstanz bis auf den belebten Theil eindringen, grünlich ist. An dem Rande, welcher die Grundfläche mit den convexen Seiten des Stammes verbindet, wird die Trennungslinie zwischen Rinde und dem innern Parenchyme weniger deutlich und verschwindet auf der Grundfläche völlig, auf welcher zwar ebenfalls noch die Rinde von dem Parenchyme des Centralkörpers verschieden ist, sich aber mehr durch verschiedene Färbung unterscheidet, als durch eine scharfe Trennungslinie von ihm geschieden ist.

Die Rinde ist durchaus parenchymatos und es liegen in ihr keine Bastbündel oder Gefässbündel. In der mittleren, parenchymatosen Substanz dagegen erkennt man, aber nur mit einiger Mühe, Gefässbündel, welche jedoch nicht unter der Form von festeren Fasern, sondern nur als weissere Streifen erscheinen und desshalb schwer zu verfolgen sind. Etwas deutlicher erscheinen dieselben, wenn man den Stamm eine Zeitlang in Wasser macerirt, oder wenn man ihn eintrocknen lässt, indem sich alsdann das Parenchym stärker, als die Gefässbündel zusammenzieht. Diese Gefässbündel bilden concentrische Schichten (gleichsam Jahresringe), welche untereinander durch viele Verbindungszweige zusammenhängen, oben in der Mitte des Stammes unterhalb der Stelle, an welcher die Knospen stehen, zusammenlaufen und daselbst ein unregelmässiges, auf das mannigfachste verflochtenes, beim Durchschneiden eine ziemlich holzige Consistenz zeigendes Netz bilden, welches mit den Gefässbündeln des beblätterten Theiles des Stammes in Verbindung steht.

An der Spitze des Stammes stehen der beblätterte Stengel des gegenwärtigen Jahres, die unteren Theile der Stengel der letzten 3 oder 4 Jahre und die Knospen, aus denen sich in den nächsten Jahren die Stengel entwickeln sollen, dicht gedrängt zusammen. Unterhalb dieser Stelle macht der oben bemerkte dunklere Streifen, welcher die Grenze zwischen der Rinde und dem Mittelkörper andeutet, eine Einbiegung nach innen, unter welcher die Färbung des parenchymatosen Mittelkörpers einen etwas dunkleren gelblichen Ton als an den übrigen Stellen zeigt, welcher seinen Grund in der Anhäufung von vielen Gefässbündeln an dieser Stelle hat. Die abgestorbenen Stengel der früheren Jahre nehmen, wie sie die Rinde erreichen, einen bedeutend kleineren Durchmesser an und reichen mit diesem conischen Ende bis gegen die dunkle Trennungslinie der Rinde von dem Centralkörper hin und fliessen hier mit dem letzteren zusammen. An ihrer Austrittsstelle aus der Rinde sind sie von einigen dicken, spitz zulaufenden Schuppen umgeben. Wenn man im Winter (November oder December) die Untersuchung anstellt, also zu einer Zeit, in welcher der beblätterte Theil des Stammes seinem Absterben nahe oder bereits abgestorben ist, so findet man neben den abgestorbenen und dem noch vegetirenden Stengel eine noch ziemlich unentwickelte Knospe, welche innerhalb zweier ringförmiger Schuppen das Rudiment des im nächsten Jahre zur Entwicklung kommenden Stengels enthält und welche auf der Trennungslinie der Rinde vom Centralkörper aufsitzt. Noch tiefer, aber eben-

falls auf dieser Linie aufsitzend, findet sich, kaum erkennbar die Knospe, die erst im zweiten Jahre zur Entwicklung kommen soll.

Die mikroskopische Untersuchung des knolligen Stammes zeigt, dass seine Hauptmasse aus einem dünnwandigen, parenchymatosen Zellgewebe besteht, dessen Zellen in der Mitte der Grundfläche und im Centrum des Stammes regelmässig polyëdrisch und nicht in bestimmte Reihen gestellt sind, kurz eine wirkliche Marksubstanz darstellen. Von diesem Centralpunkte laufen die übrigen Zellen in strahlenförmig divergirenden Reihen auswärts und aufwärts gegen die Oberfläche des Stammes hin. In den einzelnen Reihen stehen die Zellen mit geraden Scheidewänden übereinander; sie haben meistens eine sehr regelmässige Form, sind zum Theil etwas in die Länge gestreckt. Auf diese Weise verlaufen die Zellenreihen bis zur Rinde, ihre äussersten Lagen sind sehr zarthäutig, mehr breit als lang, und enthalten keine Amylum-Körner, welche in den übrigen Zellen häufig sind, kurz ihr ganzes Aussehen zeigt, dass sie jünger und erst in ihrer Ausbildung begriffen sind. Indem diese Zellen durchscheinender als die übrigen sind, erscheint die aus ihnen gebildete Schichte auf dem Durchschnitte des Stammes dunkler, als die übrige mit Amylum erfüllte Substanz. Auf der Grundfläche des Stammes fehlt dieser scharfe Unterschied zwischen der mittlern Substanz und der Rinde, und es verlaufen sich beide allmählig in einander.

Die Zellen der Rinde sind ebenfalls in der Richtung von innen nach aussen etwas in die Länge gezogen, sie besitzen jedoch nicht die vollkommene regelmässige Form, wie die Zellen des Mittelkörpers und enthalten kein Amylum.

Die braune Korklage, welche die Rinde bedeckt, stimmt in ihrem Baue mit dem Korke der dicotyledonen Bäume z. B. der Korkeiche vollkommen überein. Auf der Grundfläche des Stammes besteht die Korklage nur aus wenigen Schichten tafelförmiger Zellen, welche in senkrecht auf die Oberfläche des Stammes gestellten Reihen liegen. Die äussersten Schichten sind braun und abgestorben, die innerste an die Rinde anstossende Schichte ist saftig, ungefärbt oder gelblich, besonders gegen ihren äussern Rand zu. Einzelne Parthien der Korklage, welche die Grundfläche des Stammes überzieht, bestehen, wie dieses auch bei dem Korke vieler dicotyler Bäume der Fall ist, aus dickwandigen, punctirten, harten Zellen. Die dicke Korklage, welche den convexen Theil des Stammes überzieht, ist auf dieselbe Weise, wie der Kork der Korkeiche, des Massholders etc. durch unregelmässige, dunklere Schichten in übereinanderliegende Blätter abgetheilt; sie besteht, wie der Kork der Korkeiche, aus dünnwandigen Zellen, welche in senkrecht auf die Oberfläche der Rinde gestellten Reihen liegen, und welche in den dunkleren Schichten tafelförmig plattgedrückt, in den helleren Schichten in der Richtung von innen nach aussen verlängert sind. Eine Unterscheidung zwischen der Rinde und dem Korke scheint blos in so ferne gemacht werden zu können, als die Rinde belebt, der Kork trocken und abgestorben ist; beide stimmen in allen übrigen Verhältnissen überein, und der Kork besteht nicht aus einer eigenthümlichen, auf der äussern Oberfläche der Rinde sich schichtenweise ablagernden Substanz, sondern aus den abgestorbenen Rindenschichten selbst, wodurch er sich von dem ihm sonst sehr ähnlichen Korke des Massholders, der Korkeiche u. s. w. unterscheidet. Diesem Umstande

ist es auch zuzuschreiben, dass sich in dem Korke unserer Pflanze mit Raphiden gefüllte Zellen finden, wie in der Rinde und im Centralkörper, während sonst im Korke keine Raphiden vorkommen.

Die Gefässbündel enthalten nur wenige und sehr enge Gefässe (der Durchmesser wechselt von $^1/_{70}$ bis $^1/_{200}$ Linie), welche die Form von kurzgliedrigen punctirten Röhren besitzen, und häufig die Form von rosenkranzförmigen Gefässen annehmen. Der zellige Bestandtheil der Gefässbündel besteht aus engen, sehr dünnwandigen, mit horizontalen Scheidewänden versehenen Zellen, so dass der ganze Stamm durchaus der festeren Holzsubstanz ermangelt.

An der Stelle, an welcher die Knospen sitzen, ist die Rinde nicht so scharf von dem Mittelkörper getrennt, wie an dem übrigen Umfange des Stammes, sondern es findet sich hier eine Masse dünnwandiger, nicht mit Amylum gefüllter Zellen, welche einen allmähligen Uebergang sowohl in die Amylum enthaltenden Zellen des Mittelkörpers, als in die inneren Schichten der umgebenden Rinde bilden. Das Zellgewebe der Schuppen, welche die einzelnen beblätterten Stengel an ihrer Basis umgeben, hängt zunächst mit den inneren Rindenschichten zusammen.

Die Gefässbündel der beblätterten Stengel und der Knospen bilden keine unmittelbare Fortsetzung der im knollenförmigen Stammtheile enthaltenen Gefässbündel, sondern sie verzweigen sich an der Basis der Knospen und treten dann in das unterhalb der Knospen gelegene Gefässbündelnetz des Stammes ein. Auch weichen die Gefässbündel des beblätterten Stengels in ihrer Organisation von den Gefässbündeln des knollenförmigen Stammes ab, indem in ihnen die Gefässe nicht nur einen weit grösseren Durchmesser (bis zu $^1/_7$ Linie), sondern auch die bei den Monocotylen gewöhnliche halbmondförmige Stellung besitzen (vgl. oben pag. 149), während in den Gefässbündeln des knollenförmigen Stammes diese regelmässige Bildung und der Unterschied zwischen grossen und kleinen Gefässen nicht angetroffen wird.

Die Wurzeln entspringen, wie schon oben bemerkt wurde, auf dem Rande der Grundfläche und werden, wenn sie absterben, durch neue Wurzeln ersetzt, welche weiter nach aussen am Rande der nun vergrösserten Grundfläche hervorbrechen. Es tritt daher hier vollkommen dieselbe Erscheinung ein, wie bei den übrigen Monocotylenstämmen z. B. den Zwiebeln, den Stämmen der Palmen, Gräser etc., dass nämlich die Wurzeln in concentrischen Kreisen stehen, von denen der äusserste (oder bei verlängerten Stämmen der oberste) der jüngste ist. Bei den Stämmen der meisten Monocotylen steht zwar das Hervorbrechen von Wurzeln im genauesten Zusammenhange mit der mehr oder weniger genäherten Stellung der Knoten, indem die Wurzeln in der Regel nur an den Knoten, aber nicht an den Internodien hervorbrechen. Das Beispiel von *Tamus Elephantipes* kann dagegen beweisen, dass die Entstehung von Adventivwurzeln bei den Monocotylen nicht nothwendigerweise an die Existenz und die Lage der Knoten gebunden ist; ein Umstand, welcher jedoch auch bei der Untersuchung von Palmen, von Pandanus odoratissimus deutlich erkannt wird. Die Wurzeln des *Tamus Elephantipes* sind ziemlich lang, und weichen von den Wurzeln der meisten Monocotylen durch eine auffallend starke Verästelung und durch eine conische Form ab, so dass sie weit mehr Aehnlichkeit mit den Faserwurzeln einer krautartigen dicotylen Pflanze besitzen. In ihrem innern Baue stimmen sie dagegen vollkommen mit den Wurzeln der Palmen und der übrigen Monocotylen überein (vgl. oben pag. 156).

Ebenso ist die Art, wie die Wurzeln in Verbindung mit dem Stamme treten, dieselbe wie bei den übrigen Monocotylen, d. h. ihr Holzkörper durchdringt die Rinde des Stammes, und theilt sich in pinselförmig auseinandertretende Zweige, welche sich an die Gefässbündel des Stammes anlegen.

Es erhellt aus der oben gegebenen Beschreibung des knollenförmigen Stammes von *Tamus Elephantipes,* dass derselbe in mehrfacher Beziehung von den Rhizomen der übrigen Monocotylen abweicht. Die gewöhnlichsten Formen der Rhizome zerfallen in zwei Classen, von denen die eine aus sehr verkürzten Stengeln, welche eine grosse Anzahl von Knoten besitzen, bestehen z. B. die Zwiebeln, viele Knollen, die Stämme vieler Farne, Palmen, der Scitamineen, Musaceen etc.; die zweite Classe besteht aus unterirdischen, kriechenden Stengeln mit mehr oder weniger verlängerten Internodien, dahin gehören z. B. die Rhizome vieler Gräser, Cyperaceen, Junceen etc. Beiderlei Arten von Rhizomen gehen vielfach in einander über. Von diesen beiden Classen von Rhizomen ist der knollige Stamm von *Tamus Elephantipes* durchaus verschieden, insoferne derselbe blos aus der Entwicklung eines einzigen Internodiums hervorgieng, nicht die Fähigkeit besitzt sich an seiner Spitze zu verlängern, und nicht, wie so viele andere Rhizome ein allmähliges Absterben von hinten nach vorn zeigt, sondern durchaus auf dieselbe Weise, wie ein Internodium einer dicotylen Pflanze ein peripherisches Wachsthum seines Centralkörpers (welcher dem Holzkörper der Dicotylen entspricht) durch Ansatz von neuen Schichten auf der äussern Fläche seines Holzkörpers und durch Ansetzung neuer Schichten auf der innern Seite seiner Rinde (welche sich von der dicotylen Rinde durch ihren Mangel an Bast unterscheidet) zeigt, welches Wachsthum nicht blos eine Vergrösserung des Stammdurchmessers, sondern zugleich auch, wegen der abgerundeten Form des Stammes, eine Vergrösserung seiner Höhe zur Folge hat.

Eine weitere Folge der Eigenthümlichkeit, dass der in Rede stehende Stamm nur von einem einzigen Internodium gebildet wird, ist die durchaus von dem gewöhnlichen Vorgange abweichende Art, auf welche sich jährlich seine beblätterten Stengel entwickeln. Bei der gewöhnlichen Bildung des Caudex intermedius entsteht der Blätter und Blüthen tragende Stengel einfach auf die Weise, dass die Endknospe oder auch in manchen Fällen eine Seitenknospe des Rhizoms zum oberirdischen Stengel auswächst und dass, wenn dieser Stengel in Folge des Fruchttragens bis zum Rhizome abwärts abstirbt und abgeworfen wird, im nächsten Jahre ein oder mehrere Seitenverzweigungen des vorjährigen Rhizoms an seiner Stelle einen Blüthenstengel treiben. Dieses kann nun bei *Tamus Elephantipes* aus dem Grunde nicht stattfinden, weil sein knollenartiger Stamm als einfaches Internodium keine Blätter und ebendamit auch keine Knospen besitzt, nachdem einmal der erste Stengel, welchen er aus seiner Endknospe getrieben, abgestorben ist. Man könnte nun vermuthen, die Sache verhalte sich auf die Weise, dass der vorjährige Stengel nicht ganz bis auf seine Insertionsstelle auf dem knollenartigen Stamme absterbe, dass er an seiner Basis mit schuppenförmigen Blättern besetzt sei und dass die zur Erneuerung des beblätterten Stengels dienenden Knospen in der Achsel dieser Schuppen sitzen. Diese Vermuthung könnte um so gegründeter erscheinen, da man, wie oben angeführt, die Basis dieser Stengel wirklich mit einigen Schuppen umgeben findet; eine genauere Untersuchung zeigt aber, dass die Sache sich anders verhält. Es ist schon sehr zweifelhaft, ob diese Schuppen wirklich

verkümmerte Blätter sind, denn dieselben stehen, wie man auf einem Längenschnitte des ganzen Stammes sieht, nicht sowohl mit der Basis des beblätterten Stengels, als vielmehr mit der umgebenden Rinde im Zusammenhange, sie enthalten ferner, soweit wenigstens meine Untersuchungen reichen, keine Spiralgefässe, sie bestehen aus einem ganz ähnlichen Zellgewebe, wie die umgebende Rinde, und enthalten wie diese Raphidenbündel, so dass sie weit eher der Rinde als dem Stengel anzugehören scheinen. Ein weiterer, wichtiger Umstand, welcher gegen jene Annahme spricht, ist der, dass die Knospen, welche sich in den nächsten Jahren zu Stengeln entwickeln sollen, nicht zwischen diesen Schuppen und dem bereits erwachsenen Stengel (also in der Achsel dieser Schuppen) liegen, sondern unterhalb dieser Schuppen, in einer Aushöhlung ihrer Substanz verborgen liegen, und mittelst ihrer Basis in keiner nähern Verbindung mit den schon vorhandenen Stengeln stehen, sondern auf jenem Gefässnetze, welches unter der ganzen Masse der lebenden und abgestorbenen Stengel liegt, aufsitzen und selbst wieder aus einer centralen Knospe und einigen dieselbe umhüllenden Schuppen bestehen.

Es bleibt unter diesen Umständen nichts übrig, als diese Knospen für *Adventivknospen* zu erklären, welche sich jedes Jahr zwischen dem Holzkörper und der Rinde des knollenartigen Stammes neu bilden, eine unvollkommene Hülle von zelligen mit der Rinde im Zusammenhange stehenden Schuppen besitzen und ihre Gefässbündel unabhängig von denen des vorjährigen Stengels mit der Holzmasse des knollenartigen Stammes in Verbindung setzen. Dass sich diese Knospen vorzugsweise in der unmittelbaren Nähe der Stengel der vorausgehenden Jahre bilden, hat seinen Grund ohne Zweifel darin, dass an dieser Stelle, als der Spitze des knollenartigen Stammes, der Concentrationspunct seiner Holzmasse und ein mannigfach verschlungenes Gefässnetz liegt, welches den Zusammenfluss von Säften an dieser Stelle und ebendadurch die Entwicklung von Knospen begünstigen muss.

Für diese Ansicht, dass die Knospen keine regelmässigen, sondern Adventivknospen sind, spricht auch noch der Umstand, dass bei alten und grossen Stämmen die Knospenbildung durchaus nicht auf den angegebenen Punct eingeschränkt ist, sondern dass man nicht selten zu gleicher Zeit an mehreren entfernt stehenden Orten Knospen hervorbrechen sieht, deren Entstehung nicht etwa, wie bei Knospen, die aus dem glatten Stamme von dicotylen Bäumen hervorbrechen, aus der Entwicklung von latent gebliebenen normalen Knospen erklärt werden kann, da solche Knospen am knollenförmigen Stamme von *Tamus Elephantipes* gar nicht vorkommen können, weil er nur aus Einem Internodium besteht.

So unwahrscheinlich vielleicht Manchem diese Ansicht, dass der Stamm von *Tamus Elephantipes* keine Axillarknospen besitze, sondern alljährlich und regelmässig Adventivknospen treibe, vorkommen mag, indem ein solches Verhältniss ohne Beispiel im ganzen Pflanzenreiche da zu stehen scheint, so gewinnt sie doch dadurch an Wahrscheinlichkeit, dass bei *Tamus communis* die Entwicklung der beblätterten Stengel auf eine ganz analoge Weise vor sich geht. Dass das Rhizom von *Tamus communis* von allen andern Stämmen sich dadurch unterscheidet, dass es *abwärts* wächst und sich nach Art einer Wurzel mannigfach verästelt, ist aus den Untersuchungen von Dutrochet bekannt, und dass dieses, so wunderbar es auch ist, sich in der That so verhält, kann ich bezeugen. Aus diesem Rhizome, welches ebenfalls aus der Entwicklung

nur eines einzigen Internodiums hervorgieng, brechen an verschiedenen Stellen Bündel von Knospen hervor, welche in Hinsicht auf ihre Entwicklung eine vollständige Uebereinstimmung mit den Knospen von *Tamus Elephantipes* zeigen. Unter diesen Knospen, welche offenbar secundärer Entstehung sind, liegt ein ähnliches Netz von Gefässbündeln, wie unter den Knospen von *Tamus Elephantipes.* Dieses Netz kann sich ebenfalls nur in Folge der Entwicklung der Knospen gebildet haben, auf ähnliche Weise, wie sich bei allen Monocotylen an den Stellen, aus welchen Wurzeln hervorbrechen, in dem schon längst ausgebildeten Parenchyme des Stammes neues Zellgewebe und neue Gefässbündel entwickeln, welche zu den Wurzeln verlaufen. Aus diesen Beispielen erhellt auf eine höchst anschauliche Weise, dass die Pflanze in vielen Fällen an den Stellen Gefässe bildet, wo sie dieselben nöthig hat, und nicht, wie so viele Botaniker annehmen, Organe da bildet, wo Gefässe liegen.

Wegen der nahen Verwandtschaft des Rhizomes von *Tamus communis* mit dem von *T. Elephantipes* mag noch angeführt werden, dass es im Wesentlichen einen ähnlichen Bau besitzt, insoferne es aus einem parenchymatosen, dicht mit Amylum erfüllten Centralkörper, in welchem wenige Gefässbündel verlaufen, und einer parenchymatosen Rinde besteht, welche nach aussen von einer dünnen Schichte von braunen, vertrockneten, korkähnlichen Zellen umgeben ist, wie die Rinde, welche den Stamm von *Tamus Elephantipes* auf seiner Grundfläche überzieht. Der Verlauf der Gefässbündel ist natürlicherweise bei dem verschiedenen Wachsthume nicht derselbe. Während dieselben bei *Tamus Elephantipes* in Schichten verlaufen, welche mit der gekrümmten Oberfläche des Stammes concentrisch liegen und an der Spitze des Stammes convergiren, so laufen sie in dem wurzelartig verlängerten Rhizome von *Tamus communis* in ziemlich gerader Richtung abwärts, bis sie sich in den abgerundeten Spitzen seiner Aeste verlieren. Die Wurzeln, welche bei *Tamus Elephantipes* in immer weiteren, concentrischen Kreisen hervorsprossen, wesshalb die Entwicklung der Wurzeln, wenn wir diesen Stamm mit einem cylindrisch verlängerten vergleichen, von unten nach oben fortschreitet, sprossen am Rhizome von *Tamus communis* in entgegengesetzter, von oben nach unten fortschreitender Richtung ohne bestimmte Ordnung hervor. Ihre anatomische Structur ist die gewöhnliche der Monocotylenwurzeln, und sie zeigen nur die Eigenthümlichkeit, dass die parenchymatosen Zellen ihrer Rindenschichte mit so vielen Tüpfeln versehen sind, dass sie beinahe das Aussehen von netzförmigen Gefässen zeigen.

XIII.

Ueber
den Bau des Cycadeen-Stammes.

(Aus den Abhandlungen der k. b. Academie zu München. I. 1832. Umgearbeitet.)

Die erste genaue anatomische Beschreibung des Cycadeenstammes verdanken wir Ad. Brongniart (Annal. d. scienc. natur. XVI. 380). Es war bis auf ihn die Meinung herrschend gewesen, dass die Cycadeen die Structur der Monocotylen besitzen, indem ausgezeichnete Schriftsteller, von denen ich nur Richard [1]) und Decandolle [2]) nennen will, mit Bestimmtheit aussprachen, dass der Cycadeenstamm in Hinsicht auf seinen Bau auf das Genaueste mit dem Stamme der Monocotylen, und insbesondere mit dem Palmenstamme übereinstimme.

Brongniart untersuchte einen erwachsenen Stamm von *Cycas revoluta* und giebt an, es unterscheide sich derselbe dadurch vom Stamme der Monocotylen, dass seine Fasern nicht zerstreut, sondern in zwei concentrische Ringe gesammelt seien. Die Mitte dieser Ringe sei von einem Amylum enthaltenden Zellgewebe erfüllt, eben so seien dieselben von einer Lage desselben Zellgewebes umgeben, durch welches Faserstränge zu den Blattstielen gehen; die zwei Holzringe seien durch einen Kreis von Zellgewebe geschieden und durch Markstrahlen in einzelne Bündel getheilt. Es habe also dieser Stamm den Bau eines einjährigen Dicotylenstammes, von welchem er sich nur durch Mangel an Bast unterscheide.

Die nähere Untersuchung zeige, dass diese Pflanzen in ihrem Baue die höchste Analogie mit den Coniferen besitzen. Das Holz der übrigen Dicotylen bestehe aus drei Systemen: 1) aus Holzzellen, 2) aus den unter dem Namen der porösen Gefässe, Ringgefässe, Treppengänge bekannten Röhren und 3) aus den nicht mit den vorhergehenden zu demselben Systeme zu rechnenden Tracheen. Bei den Coniferen seien die Markstrahlen sehr schmal, und das Holz bestehe nur aus Einer Art von Gewebe, nämlich aus verlängerten

1) Mémoires sur les Conifères etc. p. 177: »Le stipe (des Cycadées) a la forme et l'organisation de celui des Palmiers, c'est à dire, qu'il se compose de fibres, réunies en faisceaux et éparses au milieu du tissu cellulaire. Le mode de formation et de développement de cette tige est absolument le même, que dans les Palmiers, ainsi que Rheede l'a fort bien observé pour le Cycas. La tige est en quelque sorte formée d'anneaux ou disquess uperposés, qui doivent leur origine aux bases des feuilles qui persistent, s'entregreffent et finissent par former une sorte de plateau, qui s'ajoute chaque année et se confond avec celui de l'année precédente. Vgl. ferner noch l. c. p. 184.

2) Organographie. Tom. I. p. 218. Tom. II. p. 100.

regelmässigen Zellen, welche von Poren, die mit einem breiten Wulste umgeben sind, durchlöchert seien. Spiralgefässe, so wie poröse Gefässe und Treppengänge fehlen gänzlich. Was man dafür gehalten habe, seien nur wenig modificirte Holzzellen, auf denen die transversalen Linien, welche man auf allen diesen Zellen sehe, deutlicher erscheinen.

Bei *Cycas* bestehen nach ihm die beiden Holzringe, so wie die zu den Blättern gehenden Gefässbündel nur aus Einem, gleichförmigen Gewebe und zeigen nirgends die leiseste Verschiedenheit. Es sind dieselben nämlich aus verlängerten, an den Enden zugespitzten Zellen zusammengesetzt, die beinahe ganz von ovalen, oder beinahe linienförmigen, transversal stehenden Poren bedeckt sind, welche von einem oft sehr wenig ausgezeichneten Wulste umgeben werden, der oft ziemlich breit und von dem benachbarten nur durch eine schmale Furche getrennt ist. Die Poren sind grösser, als die bei den Coniferen, und wirkliche Oeffnungen. Man trifft durchaus keine den punctirten Gefässen, den falschen Tracheen, oder den Tracheen analogen Gefässe.

In dem Medullar- und Cortical-Parenchyme finden sich Canäle, welche einen dicken, gummösen Schleim enthalten, aber keine eigenen Häute besitzen, sondern regelmässige cylindrische Intercellulargänge sind.

An diese anatomische Darstellungen knüpft nun Brongniart folgende Betrachtungen:

Die vollkommene Gleichheit beider Holzringe beweise, dass dieselben die Theile Eines Ganzen seien, und dass der äussere nicht dem Baste zu vergleichen sei, um so mehr, da bei den Dicotylen die Blätter sowohl vom Holze als vom Baste Gefässe erhalten, bei den Cycadeen hingegen die Blattgefässe nur von der äusseren Zone zu kommen scheinen.

Dagegen seien diese beiden Zonen auch nicht den Jahresringen zu vergleichen, weil sich in diesem Falle eine grössere Anzahl derselben finden müsste. Fernere Beobachtungen müssen die Fragen, ob diese Ringe ursprünglich und unabhängig vom Alter vorhanden, oder ob dieselben die Folge des Wachsthumes seien, und ob sich in diesem Falle bei jeder Blüthenzeit einer bilde, entscheiden.

Man sehe also, wie sehr sich die Cycadeen von den Monocotylen entfernen; man könne ihren Stamm mit dem einjährigen Triebe einer Tanne vergleichen, indem sie beinahe dieselben organischen Bestandtheile besitzen, und nur durch die relative Entwicklung einzelner Theile sich von einander unterscheiden, indem das Mark und die Rindensubstanz bei den Cycadeen stark, bei den Coniferen schwach, dagegen das Holz bei den erstern stark, bei den letztern schwach entwickelt seien.

Die Hauptverschiedenheit bestehe in dem Mangel des Bastes bei den Cycadeen, was eine der Hauptursachen der Verschiedenheit zwischen diesen zwei Familien sein könne; es scheine nämlich bewiesen zu sein, dass der Saft durch das Holz in die Blätter aufsteige, daselbst durch die Respiration in Nahrungssaft verwandelt werde und durch den Bast in die unteren Theile der Pflanze sich verbreite. Wenn nun dieser Saft zur Bildung neuer Holzschichten diene, so begreife man, dass mit dem Mangel an Bast auch Mangel an Bildung neuer Holzschichten gegeben sei.

Eine fernere wichtige Bemerkung ergebe sich aus der Vergleichung des Wachsthumes der Cycadeen und Coniferen, nämlich die, dass das Anwachsen der letzteren in die Dicke mit der Entwicklung vieler Knospen verbunden sei, dass beides aber miteinander bei *Cycas* fehle.

Dasselbe Verhältniss, welches hier bei Dicotylen vorkomme, finde sich auch bei den Monocotylen, indem Mangel an Knospen und Mangel des Wachsthumes in die Dicke z. B. bei Palmen vorkomme, während beides bei *Dracaena* sich finde.

So sehr es nun auch im Allgemeinen befriedigt, dass Brongniart die Analogie, welche die Cycadeen in ihrem Baue mit den Coniferen haben, nachwies, so zeigt doch eine genauere Untersuchung dieser Pflanzen, dass beinahe alle speciellen Angaben Brongniart's, z. B. dass diese Pflanzen aller Gefässe entbehren, dass sie zwei concentrische Holzringe besitzen, von denen der innere in gar keiner Verbindung mit den Blättern stehe (von dem man also gar nicht einsieht, zu welchem Zwecke er vorhanden sein soll), dass kein Bast vorhanden sei u. dergl. mehr, durchaus mit dem, was uns die Natur wirklich zeigt, in directem Widerspruche stehen. Ich glaube daher, bei der Wichtigkeit des vorliegenden Gegenstandes, keine überflüssige Arbeit zu unternehmen, wenn ich hier die Resultate meiner Untersuchungen mittheile, zu welchen mir das Absterben eines etwa 5 Fuss hohen Stammes von *Zamia latifolia*, welcher seit einigen Jahren im Garten von Nymphenburg gewesen war, Gelegenheit gegeben hatte, womit ich noch die Untersuchung eines Abschnittes von einem grossen Stamme von *Cycas revoluta* und eines frischen, nicht völlig faustgrossen Wurzelknollens derselben Pflanze verband.

Der Querschnitt der *Zamia* liess erkennen, dass das Mark den grössten Theil des Stammes einnahm, indem es eine etwa drei Zoll im Durchmesser haltende, dichte Masse bildete. Dasselbe war von einem $^1/_4$ Zoll dicken Holzcylinder umgeben, welchen die $^1/_3$ Zoll dicke, mit zwei Zoll langen Schuppen dicht besetzte Rinde umgab.

Der Holzring war nur einfach vorhanden, allein schon mit blossem Auge war deutlich zu erkennen, dass er aus zwei unmittelbar aneinanderliegenden Schichten von ungefähr gleicher Dicke bestand, von denen sich bei der anatomischen Untersuchung die innere als der Holzkörper, die äussere als der Bast der Pflanze auswies.

Der Holzkörper bildet einen vollkommen geschlossenen Ring; es ist derselbe zwar von einer sehr grossen Anzahl von Markstrahlen durchsetzt, allein diese bilden, wie es bei der Mehrzahl der Dicotylen der Fall ist, nur niedere Spalten, indem ober- und unterhalb derselben die Fasern des Holzes wieder zusammentreten, wesshalb das Holz auf einem mit der Rinde parallel geführten Schnitte ein netzartiges Aussehen hat.

Das Holz besteht seinem bei weitem grössten Theile nach nur aus einer einzigen Art von Röhren, die, wie es auch Brongniart angiebt, sehr lang sind, und die Form von Prosenchymzellen besitzen. Was den näheren Bau derselben betrifft, so stimmen dieselben mit den sogenannten porösen Zellen der Zapfenbäume auf das Genaueste überein, indem die gegen Mark und Rinde gekehrten Flächen glatt, die gegen die Seiten gewendeten hingegen getüpfelt sind. Diese Tüpfel sind in viel grösserer Menge als bei den Tannen vorhanden, stehen aber nur selten so regelmässig wie bei den Tannen in einer Linie übereinander, sondern liegen theils in 2—3 Linien neben einander, theils zeigen sie eine ziemlich unregelmässige Vertheilung. Es besitzen dieselben nicht die regelmässige runde Form, wie bei den Coniferen, sondern stellen eine kürzere oder längere quer oder etwas schief stehende Spalte dar. Dass diese Spalte eine wirkliche

Oeffnung ist, wie BRONGNIART angiebt, glaube ich mit Bestimmtheit läugnen zu können, indem man, wenn ein Schnitt durch eine solche Spalte durchgeht, noch eine zarte Haut über dieselbe ausgespannt sieht. Dass der Bau dieser Tüpfel ganz derselbe sei, wie bei *Pinus*, lässt sich auf einem zarten, mit einem scharfen Messer rein abgeschnittenen Querschnitte leicht sehen, indem man die Wandungen der zwei aneinanderliegenden Röhren an denjenigen Stellen, an welchen auf dem Längenschnitte der die Spalte umgebende Hof sichtbar ist, auseinandertreten sieht, so dass ein leerer Raum zwischen ihnen bleibt. In der Mitte dieser Stelle nun zeigen (auf dem Querschnitte des Holzes) zwei senkrecht auf der Fläche der Gefässwand stehende Linien die Ränder der Spalte an. Dass diese durch eine zarte Membran verschlossen ist, kann man eben so wenig, als bei *Pinus*, auf dem Querschnitte bemerken, wohl aber lässt es sich ziemlich leicht auf einem zarten Abschnitte bemerken, den man durch einen schief auf die Achse des Gefässes geführten Schnitt erhielt. Auch an denjenigen Stellen, mit welchen diese Röhren an den Markstrahlen anliegen, finden sich diese Tüpfel, nur sind sie hier meistens schmäler, aber ebenfalls mit einem Hofe umgeben, was bekanntlich bei den Tannen an den entsprechenden Stellen nicht der Fall ist.

Diese Röhren, so wie überhaupt der ganze Holzring, haben bei *Zamia* und bei *Cycas* ganz dieselbe Structur [1]).

Dass dieselben mit den porösen Zellen der Tannen zu einem und demselben Systeme zu rechnen sind, daran lässt sich, dem Angegebenen zu Folge, keinen Augenblick zweifeln; nun aber entsteht die nicht so leicht zu beantwortende Frage: zu welchem Systeme, zum Gefässsysteme, oder zum Zellensysteme sind sie zu rechnen?

Bis jetzt zählte die Mehrzahl der Phytotomen die porösen Zellen zum Zellsysteme, wozu sie sich um so mehr berechtigt glaubten, als endlich die lange vergeblich gesuchten Spiralgefässe gefunden wurden. Auch BRONGNIART ist dieser Ansicht, er geht aber einen Schritt weiter und erklärt, dass diejenigen Gebilde, welche man bei den Tannen für Spiralgefässe gehalten, nichts anderes seien, als dieselben Röhren, auf welchen nur die transversalen Linien, welche man auf allen diesen Zellen sehe, deutlicher erscheinen; denn Spiralgefässe, so wie falsche Tracheen und poröse Röhren fehlen nach seiner Behauptung gänzlich. Ich glaube, die im Folgenden erzählten Thatsachen werden deutlich zeigen, dass nicht nur die angeführte Ansicht BRONGNIART's über die Beschaffenheit der bei den Tannen bisher für Spiralgefässe gehaltenen Theile unrichtig ist, sondern dass gerade das Gegentheil stattfindet.

In dem jungen Stamme von *Cycas revoluta* fand ich nämlich, dass das Holz zwar grösstentheils aus getüpfelten Röhren von dem oben beschriebenen Aussehen besteht, dass aber die dem Marke zunächst gelegenen Röhren ein ganz anderes Verhältniss darbieten, indem die innersten wahre, aus mehreren parallelen Fasern bestehende abrollbare Spiralgefässe sind, denen weiter nach aussen Treppengänge von gewöhnlicher

1) Nach den neueren Untersuchungen von BRONGNIART (Archives du muséum. I. 424) weichen dagegen die Elementarorgane des Holzes von *Zamia integrifolia* von denen der africanischen Zamien (Encephalartos) darin ab, dass dieselben nicht blos auf den gegen die Markstrahlen gewendeten Seiten, sondern ringsum getüpfelt sind und mehr die Form von netzförmigen Gefässen als von punctirten Röhren besitzen.

Bildung folgen, an welche nun die beschriebenen porösen Röhren anstossen; es zeigte sich ferner bei Untersuchung dieses Stammes, dass diese drei verschiedenen Formen nicht in strenger Sonderung nebeneinander liegen, sondern dass eine Form in die andere übergeht, indem theils einzelne Röhren Mittelbildungen zwischen Treppengängen und getüpfelten Röhren sind, theils andere an verschiedenen Stellen diese verschiedenen Formen zeigen.

In dem Stamme der erwachsenen *Zamia* fand ich zwar keine abrollbaren Spiralgefässe mehr, wohl aber fand ich zunächst dem Marke wahre Treppengänge, und von diesen durch Kürzerwerden der Spalten und Entwicklung des Hofes deutliche Uebergänge in die getüpfelten Röhren.

Dadurch, so wie hauptsächlich auch durch einige andere Umstände, welche des passenderen Zusammenhanges wegen, besser erst weiter unten angeführt werden, wäre nun ausser allen Zweifel gesetzt, *dass das Holz der Cycadeen einzig und allein aus Spiralgefässen und deren Modificationen, ohne alle Beimischung von Holzzellen besteht.*

Nachdem dieses festgesetzt ist, wird es nun auch möglich sein, eine richtige Deutung von dem Baue des Tannenholzes, über welches schon so viele verschiedene Ansichten geäussert wurden, zu geben.

Schon aus der völligen Uebereinstimmung, welche die getüpfelten Röhren des Tannen- und des Cycadeenholzes zeigen, liesse sich mit der grössten Wahrscheinlichkeit schliessen, dass auch die sogenannten porösen Zellen der Coniferen nichts anderes als modificirte Spiralgefässe sind, allein völlige Gewissheit hierüber kann uns erst die Beobachtung eines Uebergangs dieser Zellen in Spiralgefässe gewähren; solche Uebergangsformen lassen sich, wie ich glaube, in der That nachweisen.

Dass im Tannenholze in der Nähe des Markes Spiralgefässe vorkommen, ist eine in Deutschland schon längst ausser allen Zweifel gesetzte Thatsache; schwieriger ist es zwar, in *Pinus* abrollbare Spiralgefässe zu finden, dagegen findet man ohne Mühe ganz constant Treppengänge in der Nähe des Markes. Mit weit geringeren Schwierigkeiten lässt sich die Sache bei *Ginkgo biloba,* deren Holz bekanntlich ganz dieselbe Structur wie das Tannenholz hat, untersuchen, weil sich hier in dem innersten Theile des Holzes die Spiralgefässe in besonderer Menge und von ziemlicher Grösse finden, so dass es Jedem leicht werden wird, sich bei Untersuchung dieser Pflanze von der Grundlosigkeit der Brongniart'schen Ansicht zu überzeugen. Es findet sich bei dieser Pflanze ein allmähliger Uebergang von Spiralgefässen in Treppengänge; von diesen finden wir einen unmittelbaren Uebergang in die gewöhnlichen getüpfelten Gefässe durch Röhren, welche scheinbare Poren besitzen, welche durch ihren Hof und durch ihre Form (indem sie nämlich quere Spalten bilden) deutlich zeigen, dass sie das verbindende Mittelglied zwischen diesen auf den ersten Anblick so verschiedenen Formen bilden.

Auch beim Tannenholze finden wir völlige Uebergänge von dem Spiralgefässsystem zu den porösen Röhren. Weiter nach Aussen, als die ausgebildeten Treppengänge, liegen nämlich Röhren, welche dieselben querlaufenden Fasern, wie die Treppengänge und ausser diesen noch die Tüpfel der sogenannten porösen Zellen besitzen (von dieser Bildung giebt Brongniart's 3te Figur auf der 22ten Tafel eine freilich etwas rohe Abbildung). Weiter nach Aussen liegen die gewöhnlichen getüpfelten Zellen. Auf diese Art wird man

z. B. in der *Rothtanne,* in der *Föhre* u. s. w. mit einem guten Microscope die Sache ohne sonderliche Mühe finden.

Manche werden mir vielleicht gegen die Ansicht, dass das Holz der Cycadeen und Coniferen nur aus Spiralgefässen und ihren Modificationen bestehe, einwenden, dass es die Function der Spiralgefässe sei, Luft zu führen und dass desshalb nicht die ganze Holzmasse dieser Gewächse einzig und allein aus Spiralgefässen bestehen könne. Dieser Einwurf wäre hingegen von keinem Gewichte, da die Function der Spiralgefässe noch lange nicht ausser allen Zweifel gesetzt ist; im Gegentheile scheint mir gerade diese anatomische Thatsache ein Hauptbeweis für die Lehre, dass dieselben Saft und nicht Luft führen, zu sein.

Doch kehren wir wieder nach dieser Abschweifung zum Cycadeenstamme zurück.

Die Holzfasern der Cycadeen steigen senkrecht in die Höhe, jedoch nicht in völlig gerader Richtung, sondern wegen der vielen Markstrahlen, in geschlängelten Linien. Wie die Faserbündel an solchen Stellen, an welchen ein Gefässbündel aus dem Holzcylinder austritt, um in ein Blatt überzugehen, gegen einen Markstrahl hinlaufen, so biegen sich die zu beiden Seiten desselben liegenden seitwärts rechts und links in einen Bogen und treffen oberhalb des Markstrahls wieder zusammen, um in gerader Richtung weiter aufwärts zu gehen. Der mittlere Gefässbündel hingegen tritt in einem Bogen auswärts zwischen den beiden andern durch, umgeben von Zellgewebe, welches auf diese Art als Markstrahl eine Verbindung zwischen Mark und Rinde bildet. Wie dieser Bündel (welcher in dem älteren Theile des Stammes, wenn der Holzring eine gewisse Dicke erreicht hat, aus dem innersten Theile des Holzringes hervortritt) in die Bast- und Rindenschichte eintritt, so nimmt er eine rundliche Form an, *und zugleich gehen alle seine Gefässe aus der Form der getüpfelten Zellen in die der Treppengänge über; ein neuer, unumstösslicher Beweis, dass diese beiden Bildungen zu einem und demselben Systeme gehören* [1]).

Ganz auf dieselbe Weise, wie der Holzring des *Zamia*stammes verhielt sich der Holzring der jungen *Cycas revoluta.* Brongniart hingegen fand in dem von ihm untersuchten *Cycas*stamme zwei concentrische getrennte Holzringe, von denen seinen Zeichnungen nach der innere der bedeutend grössere war; von dem letztern giebt er an, dass er keine Fasern in die Blätter schicke. Auch ich fand in dem erwachsenen *Cycas*stamme, den ich untersuchte, ebenfalls ausser diesem inneren, noch einen weit kleineren äusseren Holzring, von welchem ich später sprechen werde. Das Verhältniss des inneren aber zu den Blättern ist ein ganz anderes, als Brongniart zu finden glaubte; es zeigt nämlich dieser innere Holzring vollkommen dieselbe Organisation, wie der Holzring der *Zamia,* er besitzt dieselben Markstrahlen, denselben Verlauf der

1) So gewiss auch durch die obigen Beobachtungen die grosse Verwandtschaft der Elementarorgane des Coniferen- und Cycadeen-Holzes mit den Gefässen nachgewiesen ist, so gieng ich doch bei Abfassung dieses Aufsatzes darin zu weit, dass ich sie geradezu zu den Gefässen stellte und nicht ins Auge fasste, dass sie durch das Geschlossensein der einzelnen Schläuche sich mehr an die Prosenchymzellen als an die Gefässe anschliessen. Sie bilden auf diese Weise eine Mittelbildung zwischen beiden, gehen aber allerdings leicht in wahre Gefässe über. Sie entsprechen in dieser Beziehung ganz den Gefässen des Stammes der Gefässcryptogamen, bei welchen jedoch die Annaherung an die vollkommene Gefässstructur noch stärker ausgesprochen ist.

Fasern und zeigt völlig dasselbe Abschicken von Gefässbündeln in die Blätter, so dass auch nicht der mindeste Unterschied zwischen beiden aufzufinden ist. Es ist derselbe weit entfernt, wie man nach Brongniart's Darstellung glauben sollte, ein gleichsam ausser Verbindung mit den übrigen Organen der Pflanze stehender Theil zu sein, sondern er ist aus der Entwicklung des in der Jugend einzigen Holzringes entstanden.

Es folgt, wie schon oben angegeben wurde, auf den Holzring ein Ring von Bast von ungefähr gleicher Dicke mit dem erstern. Es wird dieser Bast, wie das Holz, durch die Markstrahlen in netzförmige Bündel getheilt. In der Jugend zeigten sich bei *Cycas* die Baströhren als sehr dünnwandige Zellen, in der erwachsenen Pflanze hatten dieselben etwas dickere Wandungen bekommen. Bei *Zamia* war etwa die Hälfte der Baströhren in ihrem dünnwandigen Zustand verblieben, während die andere Hälfte ziemlich dickwandig geworden war. Diese Baströhren sind, wie ein parallel mit der Rinde geführter Längenschnitt bei *Zamia* zeigt, kurz und stehen mit horizontalen Scheidewänden übereinander. Es scheint nun zwar dieses Verhältniss dem zu widersprechen, was die Phytotomen von der Bildung der Baströhren angeben, dass nämlich dieselben aus sehr langen, an den Enden zugespitzten Zellen bestehen. So richtig dieses auch im Allgemeinen ist, so glaube ich doch, dass man desshalb, weil diese Zellen nicht die Form der gewöhnlichen Bastzellen haben, noch nicht berechtigt ist, diesen Theil für etwas anderes, als für Bast zu erklären; sondern es liefert die hier betrachtete Bildung nur einen auffallenden Beweis davon, dass die strenge Unterscheidung zwischen Parenchym- und Prosenchymzellen, wie sie in neueren Zeiten geschieht, nicht in der Natur begründet ist [1]).

Jeder Gefässbündel, welcher durch den Bastring zu den Blättern durchdringt, wird auf seiner äussern Seite von dem ihm entsprechenden Theile des Bastringes begleitet.

Es wird nun, um die spätere Darstellung zu erleichtern, am passendsten sein, ehe ich die Beschreibung des weitern Verlaufes der zu den Blättern gehenden Gefässbündel gebe, zur Darstellung der Mark- und Rindensubstanz überzugehen. Diese beiden Organe bestehen aus grossen dünnwandigen Parenchymzellen, auf deren Wandungen, wie auf den Markzellen beinahe aller Pflanzen, nur kleine Tüpfel anzutreffen sind. Die grossen verdünnten Stellen, welche sich auf den Wänden der im Blattstiele und in den Blättern befindlichen Zellen finden [2]), fanden sich in den von mir untersuchten Stämmen nicht auf den Markzellen, doch müssen sie zuweilen auf den Markzellen der erwachsenen Pflanzen vorkommen, da Moldenhawer den Mangel derselben als eine den Markzellen der jungen Wurzelknollen zukommende Eigenheit anführt. Rinden- und Markzellen sind dicht mit Amylumkörnern erfüllt, wesshalb es nöthig ist, dieselben, wenn man sie genauer untersuchen will, in Wasser zu kochen.

1) Schultz (sur l. circulat. et sur les vaiss. laticifères p. 94) erklärt den Bast der Cycadeen für eine Schichte von Lebenssaftgefässen. Dafür finde ich bei wiederholter Untersuchung durchaus keinen Grund. Man kann zweifelhaft darüber sein, ob man sämmtliche verlängerte Zellen der Bastschichte, oder ob man nur diejenigen, deren Wandungen durch Ablagerung von secundären Schichten dicke Wandungen erhalten, Baströhren nennen soll, soviel scheint mir aber ausser allem Zweifel zu sein, dass beiderlei Formen geschlossene Zellen sind.

2) Vrgl. meine Schrift über die *Poren des Pflanzenzellgewebes* Tab. I. fig. 1. 2.

Zwischen diesen Zellen, besonders in der Nähe des Holzes, finden sich im Marke und in der Rinde viele grosse, verzweigte, keine eigenen Wände besitzende, untereinander netzartig verbundene Canäle, die ein ungefärbtes Gummi enthalten, welches grössere Aehnlichkeit mit Traganthgummi, als mit arabischem Gummi zu haben scheint, indem es im Wasser stark aufschwillt und nur schwierig aufzulösen ist. BRONGNIART hat diese Gummicanäle für grosse Intercellulargänge erklärt; dagegen lässt sich nun zwar in soferne nichts einwenden, als dieselben keine eigenen Wände besitzen; es widerspricht hingegen doch dem gewöhnlichen Begriffe von Intercellulargängen, wenn man grosse, regelmässige, einen ausgeschiedenen Saft enthaltende [1]) Canäle mit diesem Namen belegen wollte, um so mehr, da dieselben nicht unmittelbar zwischen den Parenchymzellen liegen, sondern von einer einfachen Reihe sehr dünnwandiger, verlängerter Zellen, welche als das Aussonderungsorgan des Gummi zu betrachten sind, umgeben werden und somit in Beziehung auf ihren Bau vollkommen mit den Harzgängen der Tannen übereinstimmen.

In der Rindensubstanz verlaufen die zu den Blattstielen gehenden Gefässbündel auswärts und aufwärts, verzweigen sich und nehmen mit andern Gefässbündeln anastomosirend, an der Basis der auf der Rinde sitzenden schuppenförmigen Grundflächen der Blattstiele häufig eine völlig horizontale Lage an; auf diese Art wird in der Rinde ein sehr vielfach verschlungenes Netz von Gefässbündeln gebildet, aus welchem in die, als Reste der abgefallenen Blattstiele stehen bleibenden Schuppen einzelne Gefässbündel eintreten, welche sich hier in viele Zweige spalten, ehe sie in den eigentlichen, abfallenden Blattstiel verlaufen.

Diese in der Rinde befindlichen Gefässbündel bestehen, wie schon oben bemerkt wurde, einzig und allein (die Bastschichte natürlich ausgenommen) aus *Treppengängen* von ganz gewöhnlicher Bildung, ohne alle Beimischung von porösen Zellen, in welche sie aber unmittelbar übergehen.

Im Blattstiele selbst sind die Gefässbündel in der Form eines gegen die obere Seite des Blattstieles hin geöffneten Hufeisens gestellt. Jeder einzelne Gefässbündel besteht aus einem Bündel von Gefässen und einem etwas von ihm getrennten Bündel von Baströhren. Die Gefässe des Blattstiels weichen von denen des Holzes und von den in den Gefässbündeln der Rindensubstanz befindlichen theils durch ihre Stellung, theils durch ihre Form ab, indem sie 1) nicht in regelmässigen Linien nebeneinander gestellt, sondern ohne Ordnung zusammengehäuft sind, 2) indem die im Gefässbündel nach innen stehenden einen grösseren Durchmesser zeigen, als die Gefässe des Stammes; so hatten die Gefässe des Holzes in dem alten Stamm von *Cycas revoluta* einen Durchmesser von $^1/_{100}$ — $^1/_{75}$ pariser Linie, während die grösseren Gefässe im Blattstiele einen Durchmesser von $^1/_{50}'''$, zum Theil einen noch grösseren, zeigten. Eine weitere Abweichung zeigen ferner die Gefässe des Blattstieles darin, dass sich die grösseren derselben durch die Form und Vertheilung der Tüpfel mehr den punctirten Röhren der Monocotylen als den porösen Röhren des *Cycadeen*holzes nähern, während die kleineren vollkommen die Form von Treppengängen und abrollbaren Spiralgefässen annehmen.

Auf allen Seiten, besonders aber auf der äusseren, sind die Gefässbündel des Blattstieles von einer

1) Die Intercellulargänge sind als das *Luft* führende System der Pflanze zu betrachten.

Schichte verlängerter Zellen umgeben, womit die erste Annäherung an Holzzellenbildung in diesen Pflanzen gegeben wird.

Auf der äusseren Seite des Gefässbündels liegt endlich ein Bündel von dünnwandigen Baströhren, in welchem sich bei *Zamia integrifolia* auf seiner innern Seite 2—3 getüpfelte Gefässe von geringem Durchmesser finden; eine Bildung, zu welcher ich bis jetzt kein Gegenstück kenne.

Die im bisherigen beschriebenen Gefässbündel sind im jungen Stamme die einzigen, welche sich in der Rinde zeigen. Dagegen fand sich sowohl in dem alten Stamme von *Cycas,* als von *Zamia* noch ausserdem in der Rinde eine zweite Ordnung von Gefässbündeln, welche mit den ersteren durchaus in keiner Verbindung stehen, und welche auf den ersten Anblick in dem *Cycas*stamme, wo sie sich in grösserer Ausbildung finden, einen zweiten, äusseren Holzring zu bilden scheinen. Brongniart nahm auch einen solchen zweiten Holzring in der That an, und glaubte gefunden zu haben, dass nur dieser die Gefässbündel in die Blätter ausschicke. Untersucht man hingegen die Sache näher, so findet man, dass dieser zweite Holzring aus einzelnen Gefässbündeln gebildet ist, welche aus dem innern Holzringe entspringen, in einer nach auswärts und abwärts gehenden Richtung verlaufen und so allerdings bei *Cycas* wegen ihrer grösseren Anzahl einen zweiten, äusseren Holzring, der jedoch weit schmäler als der innere ist, bilden. Bei *Zamia* hingegen sind diese Gefässbündel nur klein und in so geringer Anzahl vorhanden, dass man sie auf dem Querschnitte des Stammes nicht von den zu den Blättern gehenden Gefässbündeln unterscheiden kann, sondern nur durch Verfolgung ihres Verlaufes auszumitteln im Stande ist, zu welcher dieser beiden Ordnungen sie gehören. Es bestehen dieselben, wie die zu den Blättern gehenden, aus einem von Markstrahlen durchsetzten Holzkörper und aus Bast. Dass von ihnen, wie Brongniart angiebt, die Blätter mit Gefässen versehen werden, ist durchaus unrichtig, indem sie im Gegentheile nie einen Zweig zu denselben schicken. Welche Bedeutung dieses zweite Gefässbündelsystem habe, darüber werde ich passender erst weiter unten das Nähere anführen.

Auch im Marke von *Zamia* (aber nicht in dem von *Cycas*), fand ich eine Anzahl kleiner, netzförmig unter einander verbundener Gefässbündel, deren jeder einen aus Treppengängen oder porösen Röhren bestehenden Holzkörper besitzt. Dieselben treten einzeln durch die Markstrahlen in die Rinde über, verhalten sich also auf dieselbe Weise, wie die dünnen Gefässbündel, welche im Marke mancher Cacteen vorkommen.

Es sei mir nun erlaubt, dieser anatomischen Beschreibung des Stammes der *Cycadeen* einige Bemerkungen über die Aehnlichkeit und Verschiedenheit, welche diese Pflanzen in Hinsicht auf den Bau und die Vegetationsweise ihres Stammes mit einigen andern Familien zeigen, anzuhängen.

So lange man über den Bau des *Cycadeen*stammes keine genaueren Untersuchungen hatte, war es wohl natürlich, dass man bei der grossen Aehnlichkeit, welche derselbe in seinem äusseren Habitus mit dem Stamme der Monocotylen und insbesondere mit dem der *Palmen* zeigt, annahm, dass die *Cycadeen* mit den Palmen in Hinsicht auf ihre Vegetationsweise völlig übereinstimmen. Die scheinbare Wahrheit dieser Annahme zu bestätigen, dazu trug eine schon von Desfontaines beschriebene und in den neuesten Zeiten von Decandolle wieder bekannt gemachte Beobachtung an einem in Paris befindlichen Exemplare von *Cycas* nicht wenig bei, welches an derjenigen Stelle seines Stammes, die sich während der Ueberfahrt nach

Europa und bis zur völligen Wiedererstarkung der kränkelnden Pflanze entwickelt hatte, eine auffallende Einschnürung zeigt, eine Erscheinung, aus welcher jedoch Schlussfolgerungen gezogen wurden, welche nicht nothwendigerweise aus ihr abgeleitet werden müssen. Der Schluss, dass diese bleibende Einschnürung den Beweis von einem centralen Wachsthume liefere, ist insoferne nicht gerechtfertigt, als eine Ausgleichung derselben durch Ablagerung von neuen Schichten auf der äussern Fläche des Holzes blos bei solchen Pflanzen erwartet werden könnte, bei welchen ein bedeutendes Wachsthum in die Dicke und eine Ablagerung von vielen Holzschichten stattfindet, wogegen bei einer Ablagerung von wenigen und dünnen Schichten für immer die Spuren derselben sichtbar bleiben müssen.

Eine nähere Betrachtung des Baues der Cycadeen wird diese Vergleichung derselben mit den Palmen als ganz unnatürlich erscheinen lassen.

Schon beim ersten Blicke fällt bei der Vergleichung eines *Palmen*stammes mit einem *Cycadeen*-stamme in die Augen, dass dieselben in Hinsicht auf die Vertheilung der Holzmasse gänzlich verschieden sind; während in dem letzteren Stamme, wie oben gezeigt wurde, das Holz einen einfachen, von vielen Markstrahlen durchsetzten, eine grosse Markmasse einschliessenden Cylinder bildet, besteht das Holz des ersteren aus einer grossen Menge dünner, im ganzen Stamme ohne bestimmte Ordnung zerstreuter Faserbündel.

Eine andere eben so wichtige Verschiedenheit zwischen dem Stamme der Monocotylen und der *Cycadeen* beruht darauf, dass bei den ersteren jeder Holzbündel, wenn wir ihn vom Blatte abwärts gegen die Basis des Stammes verfolgen, in einem Bogen bis zum Centrum des Stammes einwärts, und von hier an allmählig wieder bis unter die Oberfläche des Stammes auswärts läuft, und dass derselbe während dieses Verlaufes seinen Bau auf eine höchst auffallende Weise ändert (wovon die nähere Auseinandersetzung meine Anatomie der Palmen enthält), während im *Cycadeen*stamme die Gefässbündel wie in einem Dicotylenstamme in einem einfachen Kreise liegen.

Eine Vergleichung des Baues der einzelnen Gefässbündel zeigt ferner den auffallenden Unterschied, dass bei den Cycadeen eine weit schärfere Sonderung zwischen Holz und Bast, als bei den Palmen stattfindet, und dass der Cycadeengefässbündel durch Ablagerung von neuen Holz- und Bastschichten nach Art der Gefässbündel einer dicotylen Pflanze in die Dicke wächst.

Die Erwähnung dieser Umstände wird genügend sein, um nachzuweisen, dass die Organisation und Vegetationsweise der *Cycadeen* und *Palmen* nur eine sehr entfernte Aehnlichkeit mit einander haben [1]).

Vergleichen wir nun nach dem Vorgange von Brongniart den Bau der *Cycadeen* mit dem der Dicotylen, so ist die Analogie eine unendlich grössere. Es scheint zwar, wenn wir hiebei unsere Bäume ins Auge fassen, einer solchen Vergleichung schon der Habitus dieser Pflanzen, die monocotylenartige Wur-

1) Diese Ansicht, dass die Cycadeen nicht den Bau der Monocotylen besitzen, ist nun wohl allgemein angenommen. Link allein vertheidigt dieselbe, indem er die Aehnlichkeit des Cycadeenstammes mit dem Dicotylenstamme nur für scheinbar erklärt und in der Anordnung der Gefässbündel der Cycadeen ganz das den Monocotylen zukommende Verhältniss findet (philos. bot. edit. 2. I. 307. Ausgew. anat. bot. Abbildungen Heft II. p. 2).

zelbildung, der Mangel an Bildung von Jahresringen und endlich der ganze Bau des Holzes, indem dieses, wie oben gezeigt, nur aus Gefässen besteht, zu widersprechen, und es beschränkt sich die Aehnlichkeit beinahe allein auf den Umstand, dass das Holz der *Cycadeen* ebenfalls wie bei den Dicotylen einen vollständigen Cylinder, welcher von Markstrahlen durchzogen und welcher eines Wachsthums in die Dicke fähig ist, bildet.

So auffallend diese Verschiedenheiten auf den ersten Anblick sind, so zeigt doch eine nähere Betrachtung derselben, dass ihnen keine so grosse Bedeutung beigelegt werden darf, um eine Vergleichung des Cycadeenstammes mit dem Stamme der Dicotylen als eine fehlerhafte erscheinen zu lassen. Der Habitus ist allerdings monocotylenähnlich, allein da verkürzte, wegen reichlichen Zellgewebes und geringer Entwicklung der Holzbündel beinahe knollenähnliche Stämme auch sonst bei den Dicotylen vorkommen, z. B. bei den Cacteen und Euphorbien, so ist dieser Punct offenbar von sehr untergeordnetem Gewichte. Ebenso ist der Mangel an Jahresringen im Holzcylinder zwar eine Ausnahme von der Regel, aber ebenfalls als keine dem Wachsthume der Dicotylen widersprechende Eigenthümlichkeit zu betrachten, indem wir dieselbe auch sonst, namentlich bei langsam und gleichmässig wachsenden Stämmen antreffen, wofür wieder die Cacteen Beispiele darbieten.

Auf diese Abweichungen vom gewöhnlichen Baue der Dicotylen ist, weil sie auch bei andern entschieden dicotylen Pflanzen vorkommen, ein weit geringerer Werth zu legen, als auf die Aehnlichkeit, welche in der Zusammensetzung, im Wachsthume und in der gegenseitigen Anordnung der Gefässbündel liegt, indem dieselben in Beziehung auf diese Verhältnisse durchaus den bei den Dicotylen gewöhnlichen Character an sich tragen. Es bliebe somit als die einzige wesentliche Abweichung vom gewöhnlichen Baue der Dicotylen nur der Umstand übrig, dass das Holz der Cycadeen aus Elementarorganen besteht, welche wenn nicht geradezu als Gefässe, doch als eine den Gefässen sich sehr annähernde Uebergangsbildung von den Zellen zu den Gefässen zu betrachten sind.

Die grosse Aehnlichkeit dieser Elementarorgane mit denen der *Coniferen* weist, wie dieses auch Brongniart einsah, auf eine Vergleichung des Stammes der *Cycadeen* mit dem der *Coniferen* hin, eine Vergleichung, die um so natürlicher ist, als diese zwei Familien durch die Organisation ihrer Fructificationstheile in so äusserst nahe Verbindung gebracht werden. So gross nun in Hinsicht auf die anatomische Beschaffenheit ihrer Elementarorgane die Aehnlichkeit zwischen den Stämmen dieser Familien ist, so findet dennoch in Beziehung auf die ganze Vegetationsweise derselben eine bedeutende Verschiedenheit statt, indem bei den Cycadeen der Stamm absatzweise, jährlich einen bis zwei Blätterwirtel entwickelnd, säulenförmig, nach Art der Palmen, in die Höhe wächst, beinahe keine Neigung zur Astbildung hat, und nach Art der Monocotylen eines Caudex descendens ermangelt. Weitere Unterschiede finden sich in dem Zurücktreten der Holzmasse der *Cycadeen* gegen die Masse des Markes, im Mangel an Jahresringen, in der Verästelung und vielfachen Anastomose der in die Blätter austretenden Gefässbündel. Dass hingegen der Mangel des Bastes, welchen Brongniart als Hauptunterschied aufstellt, nicht in der Natur existirt, sondern nur das Resultat einer flüchtigen Untersuchung ist, wurde oben hinreichend nachgewiesen.

Wenn somit eine durchgängige Aehnlichkeit zwischen *Cycadeen* und *Coniferen* in Beziehung auf den Bau ihrer Elementarorgane, dagegen eine bedeutende Differenz in Beziehung auf den Habitus und die relative Entwicklung der verschiedenen Theile des Stamms (Rinde, Holz und Mark) stattfindet, so tritt das umgekehrte Verhältniss ein, wenn wir den Cycadeenstamm mit dem Stamme der *Baumfarne* vergleichen. Die im Aeussern dieser Pflanzen sich aussprechende Aehnlichkeit ist so bedeutend, dass Jussieu die Cycadeen selbst in die Familie der Farne stellte; auch in Beziehung auf die anatomischen Verhältnisse scheint auf den ersten Blick keine geringe Aehnlichkeit stattzufinden, wenn wir die Masse des Markes, die geringe Dicke des Holzringes, den Mangel an Jahresringen, die Zusammensetzung des Holzes aus Gefässen ins Auge fassen. Diese Aehnlichkeit bezieht sich jedoch, wenn sie auch nicht gering ist, doch nur auf verhältnissmässig untergeordnete Puncte und wenn auch der Satz, dass die Cycadeen eine Mittelbildung zwischen den Farnen und Coniferen bilden, sich in mancher Beziehung vertheidigen lässt, so ist doch nicht zu vergessen, dass diese Vergleichung mit den Farnen sich nur auf äussere Aehnlichkeit und nicht auf analoge Organisation gründet. Ich glaubte früher und habe auch in der ersten Ausgabe dieses Aufsatzes einen grossen Werth auf diesen Umstand gelegt, dass die Cycadeen sich in Beziehung auf die Art ihres Wachsthumes genau an die Baumfarne anschliessen und dass ihnen eine vegetatio terminalis zukomme, eine Ansicht, in welcher mir Endlicher folgte, indem er die Cycadeen in die Abtheilung der Acrobrya stellte. Ich glaube nun aber, dass ich mich in dieser Beziehung getäuscht habe, indem ich nicht ins Auge fasste, dass die Gefässbündel der Cycadeen nach Art der Gefässbündel der übrigen Dicotylen, wenn gleich nur in verhältnissmässig geringem Grade, in die Dicke wachsen, und bei Vernachlässigung dieses Punctes zu einseitig die Form des Stammes und des Holzkörpers beachtete und so zu dem Schlusse kam, dass das Wachsthum dieser Pflanzen mit dem der Gefässcryptogamen übereinstimme. Spätere Beobachtungen an einem Stamme von *Zamia (horrida?)*, welchen ich der Länge nach spalten und bei welchem ich die Gipfelknospe untersuchen konnte, überzeugten mich, dass der Holzkörper in seinem Wachsthume die für die Dicotylen geltenden Gesetze befolgt, d. h. dass seine Gefässbündel durch Ablagerung von neuen Holz- und Bastschichten in der Richtung von innen nach aussen in die Dicke wachsen. Bei *Zamia* scheint sich das Wachsthum des Holzes hierauf beinahe ganz zu beschränken, wenigstens war bei allen Zamiastämmen, welche ich bis jetzt untersuchte und von welchen durch Andere Abbildungen publicirt wurden, nur ein einziger ausgebildeter Holzring vorhanden. Bei *Cycas* scheint dagegen mit dem Alter ein anderes Verhältniss einzutreten. Wie aus dem oben Mitgetheilten erhellt, treten nämlich an verschiedenen Stellen des Stammes einzelne Gefässbündel aus ihrer Verbindung mit dem Holzringe und laufen in der Rinde abwärts, in welcher sie sich seitwärts aneinanderlegen und einen zweiten äusseren Holzring bilden, von welchem sich bei *Zamia* nur höchst unbedeutende Spuren finden. Es hören somit mit dem höheren Alter des Stammes die neu sich bildenden Schichten auf, sich zwischen dem Holze und dem Baste der älteren Schichten abzulagern und treten, wenigstens mit ihrem unteren Theile unter der Form von selbständigen Gefässbündeln auf. In Beziehung auf ihre Bedeutung sind sie ohne Zweifel (wenn wir von der Zeit, die sie zu ihrer Entwicklung brauchen, absehen) mit den Jahrringen der übrigen Dicotylen in Parallele zu stellen, in Beziehung auf die Stelle, an welcher sie sich bilden, weichen sie jedoch von diesen

wesentlich darin ab, dass sie sich ausserhalb der Bastschichten des älteren Holzringes ausbilden. Dafür, dass sich die Bildung dieses äusseren Holzringes in älteren Stämmen mehrmahls wiederholen kann, lieferte schon längst die 21te Tafel des dritten Bandes vom Hortus malabaricus, auf welcher ein Stamm mit 7 Holzringen dargestellt ist, eine Andeutung; mit Unrecht wurde die Richtigkeit dieser Abbildung von Brongniart und von mir in Folge der weniger weit fortgeschrittenen Bildung der von uns untersuchten Stämme in Zweifel gezogen. Treviranus (Phys. I. 118) und de Vriese (het instituut. 1842. 225) hatten Gelegenheit, sich davon zu überzeugen, dass oft noch eine grössere Anzahl von Holzringen zur Ausbildung gelange, auch ich besitze ein Stück von einem Stamme, in welchem 8 breite Holzringe zur Entwicklung kamen.

Die Aehnlichkeit, welche die *Cycadeen* mit den Baumfarnen haben, beschränkt sich übrigens nicht blos auf die Form ihres Stammes, sondern es lässt sich auch in Beziehung auf die fruchttragenden Blätter, wenigstens bei *Cycas,* eine Analogie auffinden. Es fehlte mir leider die Gelegenheit, die *Spadices* von mehreren Arten von *Cycas* der anatomischen Untersuchung unterwerfen zu können, indem mir nur ein in Weingeist von Hrn. v. Karwinsky aus Brasilien nach München gebrachter *Spadix* von einer mir nicht bekannten Art zu Gebote stand. Da jedoch die Untersuchung desselben zeigte, dass sein Bau in einem überraschenden Contraste sowohl mit dem Baue des *Cycadeen*stammes als mit dem Baue des *Spadix* der Monocotylen steht, da ferner bei der grossen Aehnlichkeit der äusseren Form, welche die *Spadices* der verschiedenen Arten von *Cycas* zeigen, nicht daran zu zweifeln ist, dass auch der *Spadix* der übrigen Arten nach demselben Typus gebaut ist, so wird es vielleicht nicht ohne Interesse sein, wenn ich hier die Resultate meiner an jenem *Spadix* gemachten Untersuchungen mittheile.

Die *Spadices* dieser Art besitzen die Länge von etwa 7 pariser Zollen; der untere Theil derselben ist in der Länge von etwa 3 Zollen etwas plattgedrückt, und zugleich auf seiner obern und untern Fläche in eine Art von *crista* erhoben, es stellt daher sein Querschnitt ein unregelmässiges Viereck dar. Auf den seitlichen Rändern sitzen, ohne von einer Schuppe oder dergleichen gestützt zu sein, etwa fünf Früchte in alternirender Ordnung, von welchen die 3—4 oberen abortiren. Der obere Theil des *Spadix* ist bandförmig plattgedrückt und auf beiden Rändern mit einer ziemlichen Anzahl (etwa 15—18) von Pinnen, welche 1—1½ Zoll lang, 1 Linie breit und auf dem Querschnitte oval sind, besetzt, so dass dieser obere Theil die grösste Aehnlichkeit mit einem gefiederten Blatte besitzt.

Dieser Aehnlichkeit, welche der *Spadix* in seinem Aeusseren mit einem blattartigen Organe besitzt, entspricht nun auch vollkommen sein innerer Bau. Die Gefässbündel desselben sind nämlich weder, wie im Stamme der *Cycadeen*, zu einem geschlossenen Holzcylinder verbunden, noch sind dieselben wie bei den *Palmen* und den übrigen Monocotylen im ganzen *Spadix* zerstreut und auf die Weise angeordnet, dass ihr Bastkörper gegen die Peripherie und der die Spiralgefässe enthaltende Theil des Gefässbündels gegen das Centrum des *Spadix* hin gerichtet ist, sondern es liegen dieselben in einer ziemlich geraden, oder nach oben zu etwas concaven Reihe, welche von einem Seitenrande des *Spadix* bis zum andern gezogen ist; zugleich sind alle Gefässbündel auf die Weise angelagert, dass ihr Bastkörper gegen die untere (äussere) Fläche des *Spadix* hinsieht.

In Hinsicht auf ihre Zusammensetzung stimmen diese Gefässbündel völlig mit denen des *Cycadeen*-stammes überein, indem sie aus einem Holzkörper und Bastkörper bestehen, von welchen der erstere ohne alle Beimischung von Holzzellen nur aus abrollbaren Spiralgefässen, Treppengängen und solchen punctirten Gefässen, wie sie bei den Monocotylen sich finden, besteht.

Diese Gefässbündel verlaufen nun durch den *Spadix* in paralleler Richtung mit einander, und theilen sich auf diesem Wege in mehrere Aeste, welche aber nicht mit den andern anastomosirend ein Netz bilden, sondern ebenfalls in gerader Richtung weiter laufen.

Sowohl von den Früchten, als von den am obern Theile des *Spadix* sitzenden Pinnen, erhält jede Einen dieser Gefässbündel und zwar auf die Weise, dass an der Basis jeder Frucht und jeder Pinne der dem Rande des *Spadix* zunächst gelegene Gefässbündel sich in einem Bogen seitwärts biegt und in diesen Theil eintritt. In den Pinnen verlauft dieser Gefässbündel, ohne sich weiter zu verästeln, bis an ihre Spitze, auf dieselbe Weise, wie der Nerve in den Fiederblättchen von *Cycas*, welche ebenfalls nur einen einzigen, die Mittelrippe bildenden, sich nicht verästelnden Nerven enthalten.

Der in eine Frucht eintretende Gefässbündel theilt sich dagegen in der Basis derselben in mehrere Zweige, von denen die grössten, ohne sich weiter zu verzweigen, ausserhalb des Putamens in gerader Richtung bis zur Spitze der Frucht fortlaufen, während die übrigen das Putamen an seiner Basis durchbohren und sich in der, auf der innern Seite desselben liegenden, Zellenschichte ausbreiten; das Putamen selbst erhält keinen Gefässbündel. Die Gefässe der in der Frucht befindlichen Gefässbündel nehmen beinahe alle die Form von porösen Gefässen an.

Das Zellgewebe des *Spadix* besteht aus dünnwandigen, parenchymatosen, etwas verlängerten Zellen, welche in ihrer Bildung nichts ausgezeichnetes besitzen.

Vergleichen wir nun diese anatomischen Verhältnisse des weiblichen *Spadix* von *Cycas* mit denen des Stammes und der unter der Form von Wurzelknollen erscheinenden Aeste desselben, so erhellt auf den ersten Blick, dass bei der so gänzlich verschiedenen Stellung der Gefässbündel in diesen zwei Gebilden an keine Uebereinstimmung derselben zu denken sei; dagegen werden wir unwillkührlich durch die Anlagerung und den Verlauf der Gefässbündel, durch die gegen die untere Fläche hin stehende Richtung ihrer Bastlage an eine Vergleichung dieses *Spadix* mit dem Baue der Blätter erinnert.

Da es nämlich bei der Bildung der Blätter und der aus ihrer Metamorphose hervorgehenden Organe ein allgemeines Gesetz ist, dass die in ihnen liegenden Gefässbündel beständig auf die Weise angelagert sind, dass sie in einer geraden Linie liegen und dass die Bastlage derselben gegen die untere Seite hingerichtet ist (was nur in so weit eine Ausnahme erleidet, dass bei vielen rundlichen, zu höherer und der Bildung des Stammes sich annähernder Ausbildung gelangenden Blattstielen die beiden Enden dieser Linie sich gegen die obere Seite hin krümmen, wodurch die gerade Linie in einen Halbmond, oder beim Aneinanderschliessen beider Enden in einen völlig geschlossenen Kreis [1] verwandelt wird), so ist deutlich, dass der weibliche

1) In diesen Fällen geht bisweilen die Annäherung an den Bau des Stammes so weit, dass der Blattstiel mancher gefiederten Blätter an seiner Spitze weiter vegetirt, seine Fiederblättchen abwirft, und nun in einen wahren Ast verwandelt ist, z. B. bei *Guarea*.

Spadix von *Cycas* in seinem Baue vollkommen mit dem Baue eines blattartigen Organes übereinstimmt; ja es ist sogar die dem Blatte zukommende Anordnung der Gefässbündel in dem sogenannten *Spadix* von *Cycas* noch reiner ausgesprochen, als selbst in dem Blattstiele dieser Pflanze, indem im letzteren die Gefässbündel nicht in einer geraden, sondern in einer hufeisenförmig gebogenen Linie liegen.

Ich brauche nicht weitläufig auseinanderzusetzen, wie sehr an eine solche Vergleichung des *Spadix* von *Cycas* mit dem Blatte auch die äussere Form des erstern erinnert, indem ja der obere Theil desselben vollkommen die Form eines gefiederten Blattes besitzt, und zwar bei der von mir untersuchten Art noch in weit höherem Grade, als es bei *Cycas revoluta* und *circinalis* der Fall ist, indem bei diesen Arten sich am obern Ende des *Spadix* nur schwache Serraturen finden [1]), während bei jener die Pinnen eine Länge von $1 - 1^1/_2$ pariser Zoll beibehalten haben.

Ich glaube, diese anatomischen Verhältnisse des sogenannten *Spadix* von *Cycas* liefern keine zu verachtende Bestätigung für die Richtigkeit der von Robert Brown mit so grossem Scharfsinne aus der Bildung des *Ovulum* abgeleiteten, und wenn auch nicht mit voller Bestimmtheit für wahr ausgesprochenen, doch für höchst wahrscheinlich erklärten Ansicht, dass der *Spadix* von *Cycas* nicht für einen Ast, sondern für ein modificirtes Blatt zu betrachten ist, welches auf seinen Rändern nackte *Ovula* trägt [2]) und sich vom Pericarpe der übrigen Pflanzen dadurch unterscheidet, dass es sich nicht zu einem Carpell zusammengerollt hat und kein Stigma besitzt; eine Ansicht, welche, wie es mir scheint, durch die Art und Weise, wie bei *Cycas* diese sogenannten *Spadices* sich entwickeln, die vollkommenste Bestätigung erhält. Es erhellt nämlich aus den Beobachtungen von Rheede [3]), dass der weibliche Stamm von *Cycas* in so ferne von den übrigen Gewächsen in Hinsicht auf sein Wachsthum abweicht, als seine Blüthe, ob sie gleich aus den Blättern der Endknospe gebildet ist, dennoch nicht das Längenwachsthum des Stammes beschränkt. So lange nämlich der Stamm der weiblichen *Cycas* noch keine Blüthen entwickelt, so erscheint alle Jahre ein- oder zweimal an seiner Spitze eine Knospe, deren äussere Blätter die Form von kleinen Schuppen besitzen, während die inneren sich zu wahren gefiederten Blättern ausbilden. Wenn nun der weibliche Stamm seine Blüthen entwickelt, so erscheint eine ähnliche Knospe an der Spitze des Stammes; die äusseren Blätter derselben besitzen ebenfalls, wie bei der Blattknospe, die Form von Schuppen, an der Stelle der inneren Blätter erscheinen hingegen die sogenannten *Spadices*. Hiemit ist aber das Wachsthum des Stammes nicht beendigt, sondern es findet sich, umschlossen von den in *Spadices* verwandelten Organen, eine neue Blattknospe, welche sich auch, nachdem sich die *Spadices* nach Art der Blätter nach Aussen gebogen haben, wie die

1) Vergl. Richard l. c. Tab. 24. 25. — Rheede, hort. malab. Tom. III. Tab. 16—20. — Rumph. herb. amboin. T. I. Tab. 22—24.

2) Character and Description of *Kingia* etc. p. 29: »Were I do adopt the former supposition, or that best agreeing with the hypothesis in question, I should certainly apply it, in the first place, to Cycas, in wich the female spadix bears so striking a resemblance to a partially altered frond or leaf, producing marginal ovula in one part, and in another being divided into segments, in some cases nearly resembling those of the ordinary frond.«

3) Hort. malab. Tab. III. p. 9—14.

früheren Blattknospen entwickelt; auf diese Weise wechseln nun fortwährend Blüthen- und Blattknospen mit einander ab [1]). In dieser abwechselnden Entwicklung von gewöhnlichen und von fructificirenden Blättern liegt offenbar keine geringe Aehnlichkeit zwischen den Cycadeen und Farnen, indem auch bei vielen der letzteren z. B. bei *Blechnum boreale* eine regelmässige Abwechslung in der Entwicklung von einer Anzahl unfruchtbarer Blätter mit einer Anzahl fruchtbarer stattfindet.

Nehmen wir alle diese Erscheinungen zusammen, die Aehnlichkeit der Blätter und *Spadices* in ihrer äusseren Form, die Uebereinstimmung ihres innern Baues, die Aehnlichkeit in der Stellung und die abwechselnde Entwicklung dieser beiden Organe, endlich die von Robert Brown nachgewiesene Uebereinstimmung der weiblichen Blüthe der *Cycadeen* mit dem *Ovulum* der übrigen Phanerogamen, so lässt sich gar nicht verkennen, dass der *Spadix* der *Cycadeen* für ein modificirtes Blatt und nicht für einen Ast zu halten ist.

Da Robert Brown's morphologische Deutung der weiblichen Blüthen der *Cycadeen* und *Coniferen* noch weit entfernt ist, allgemein als richtig anerkannt zu werden, so sei es mir erlaubt, hier noch eine Bemerkung über den Bau der Fruchthülle von *Cycas* beizufügen, indem die grosse Aehnlichkeit, welche die äusseren Theile dieser Frucht mit einer *Drupa* besitzen, Manchem vielleicht von nicht unbedeutendem Gewichte für die Ansicht, als sei diese Umhüllung ein wirkliches Pericarp, sein könnte, wie denn auch Ach. Richard [2]) in der Existenz des *Putamen* einen Gegenbeweis gegen Robert Brown's Ansicht zu finden glaubte. Das Vorhandensein eines *Putamen* scheint mir aber durchaus nicht als Beweis dafür gelten zu können, dass der in Rede stehende Theil nicht eine wahre Saamenhaut, sondern ein Pericarp ist. Um dieses näher nachzuweisen, bin ich genöthigt, einige Worte über die anatomischen Verhältnisse des Putamen vorauszuschicken.

Es scheint, dass in der Carpologie der Begriff eines Putamen noch sehr schwankend ist, indem Gärtner dasselbe für die verhärtete und verdickte innere Haut des Pericarpes, Claude Richard dagegen für das Holz desselben hielt. Beides lässt sich meiner Ansicht nach nicht vertheidigen, besonders ist der von Cl. Richard aufgestellte Begriff durchaus unrichtig, indem das Putamen (wenn man nicht einige ganz abweichende, und daher nicht mit den übrigen zu vereinigende Fälle, wie *Hyphaene*, hierher zählen will) nicht durch holzartige Gefässbündel, sondern immer durch eine eigenthümliche Veränderung in dem parenchymatosen Gewebe der Früchte hervorgebracht wird, an welcher die Gefässbündel, selbst wenn sie im Putamen liegen (was in vielen Fällen gar nicht der Fall ist) durchaus keinen Antheil nehmen. Diese Veränderung der parenchymatosen Zellen besteht (so weit sie anatomisch nachweisbar ist und nicht in chemischer Mischungsveränderung besteht) darin, dass ihre Wandungen durch Auflagerung neuer Schichten eine bedeutende Dicke und Härte erhalten; ausser dieser Verdickung der Wandungen zeichnen sich diese Zellen noch durch die sehr grosse Menge von engen, porenähnlichen Canälen, von welchen ihre Wandungen durchzogen sind, aus.

Es verhalten sich diese Zellen also zu dem weicheren Parenchyme der Früchte wie die steinigen Con-

1) Vergl. die Abbildungen von fructificirenden *Cycadeen* im Hort. malab. Tom. III. Tab. 16—20.

2) l. c. p. 206: »A l'époque de la maturité complète cette partie devient souvent osseuse et très épaisse, comme dans le *Pinus Pinea, les Cycadées* etc. *Où trouverons nous des graines ou le tégument extérieur offre cette organisation?*«

cretionen einer Birne zum weichen Fleische derselben. Es ist nun leicht begreiflich, dass eine solche Veränderung eines Theiles des Zellgewebes ebensowohl in einer Samenhaut, als im Pericarpe vor sich gehen kann, in welchem Falle dann ein wirkliches Putamen dem Samen und nicht dem Pericarpe zugehört. Wenn dieses Verhältniss auch sehr selten ist, so kommt es dennoch in der Natur vor und wir finden ein solches Putamen sehr deutlich ausgebildet bei den Samen vieler (wenn nicht aller) Arten von *Magnolia;* hier besteht nämlich die testa seminis aus zwei Lagen, von welchen die äussere ein weiches, beerenartiges Parenchym bildet, während die innere Schichte durch Verdickung der Zellwandungen in ein wahres Putamen verwandelt ist, das in Rücksicht auf seine Structur mit dem Putamen von *Juglans, Prunus,* mit dem der *Palmen* u. s. w. völlig übereinstimmt. Durchaus dieselbe Bildung finden wir nun auch in der Umhüllung des Samens von *Cycas,* indem die äussere und innere Schichte derselben aus einem dünnwandigen, weichen Parenchyme besteht, während die mittlere, aller Gefässbündel entbehrende Schichte aus denselben dickwandigen, porösen Zellen, wie das Putamen der übrigen Früchte, zusammengesetzt ist.

XIV.

Untersuchungen

über

die Entwicklung des Korkes und der Borke auf der Rinde der baumartigen Dicotylen.

(Dissertation vom Jahr 1836.)

Zu den noch sehr unvollkommen gekannten Theilen der Pflanze gehört der äussere, rissige Theil der Rinde der dicotylen Bäume und Sträucher, den man im allgemeinen mit den Ausdrücken des *Korkes* und der *Borke* bezeichnen kann. In den meisten Werken über Pflanzenanatomie geschieht dieses Theiles entweder gar nicht, oder nur auf eine sehr oberflächliche Weise Erwähnung, und ebenso ist in den meisten pflanzenphysiologischen Werken bei der Lehre von der Entwicklung und dem Wachsthume der verschiedenen Organe auf den genannten Theil sehr wenig Rücksicht genommen worden.

Da die Borke in der genauesten Verbindung mit den übrigen Theilen der Rinde steht und die Ansichten über dieselbe sich nach der Vorstellung, welche die verschiedenen Schriftsteller von dem Baue der Rinde überhaupt hatten, richten, so mag eine Zusammenstellung der wichtigeren über die Rinde angestellten Untersuchungen die Einleitung zu den folgenden über die Entwicklung des Korkes und der Borke angestellten Beobachtungen bilden.

Malpighi [1]) unterschied an den jungen Aesten von *Salix, Populus* u. a. Bäumen eine Cuticula, und unter dieser einige concentrische Schichten von Zellen, welche die netzförmigen Bastschichten bedecken.

Die Veränderungen, welche die Rinde mit dem vorschreitenden Alter der Bäume erleidet, leitet Malpighi von einem Absterben und Vertrocknen der äussersten Rindenschichten ab; diese abgestorbenen Schichten dienen zum Schutze des Bastes, welcher letztere sich in Holz verwandelt. Die Pflanzen mit einjährigem, oder wenigstens nicht lange lebendem Stamme, deren Holz sich nicht zu einem Cylinder ausbildet, besitzen nach seiner Angabe keine Rinde, sondern nur eine Cuticula und kleine Faserbündel.

Grew [2]) unterscheidet an der Rinde zwei Theile, die Oberhaut (skin) und den Rindenkörper oder das

1) Anatome plantarum. Lond. 1686. p. 2 et 6.

2) Anatomy of plants. Lond. 1682. p. 19.

Parenchyma (cortical body or parenchyma). Die Oberhaut stammt von der Cuticula der Cotyledonen und der Plumula, der Rindenkörper von dem Parenchyma der Plumula ab.

Die Oberhaut (skin) besteht gewöhnlich aus kleinen Bläschen [1]; bei vorschreitendem Wachsthume vertrocknen aber häufig diese Bläschen und fallen ab. Ausserdem sind aber diesen Bläschen häufig auch Holzfasern oder Gefässe beigemischt, welche der Länge nach verlaufen. Ob es Luftgefässe oder Saftgefässe seien, hierüber ist Grew ungewiss.

Der hauptsächlichste Theil der Rinde (the main Body of the Barque) besteht ebenfalls aus zwei Theilen, aus Parenchyma und aus Gefässen. In der Wurzel sind die Zellen in diametrale Reihen geordnet, im Stamme findet dieses nicht oder nur in der innern Hälfte der Rinde statt. Die Gefässe sind im innern Theile der Rinde angehäuft und immer Saftgefässe und unter einander netzartig verbunden. Diese Gefässe fallen später mit den äusseren Theilen der Rinde, welche in verschiedener Richtung aufspringt, ab.

Duhamel [2]) unterscheidet nach dem Vorgange von Malpighi drei Schichten an der Rinde, die Epidermis, die zellige Hülle und die Rindenschichten.

Die Epidermis bildet nach seiner Angabe einen allgemeinen, dünnen und trockenen Ueberzug über die Bäume. Wenn der Baum im Safte steht, so lässt sich die Epidermis leichter abnehmen, als zu andern Zeiten. Sie findet sich auf allen Theilen der Bäume, zeigt aber an verschiedenen Stellen einen verschiedenen Bau. Auf den jungen Zweigen mancher Bäume scheint sie eine einfache Membran zu sein, allein an den Aesten mehrerer Arten konnte Duhamel unter ihr noch eine oder zwei Schichten, welche saftig waren, unterscheiden. Darüber, ob die Epidermis, wie Grew und Malpighi annahmen, aus Zellen bestehe, war Duhamel in manchen Fällen zweifelhaft, und war eher geneigt, sie für eine einfache Membran zu betrachten.

Hauptsächlich, glaubt Duhamel, sei das starke Ausdehnungsvermögen der Epidermis, welches man bei dem bedeutenden Wachsthume der Früchte und Baumstämme erkennen kann, mit der Annahme, als bestehe dieselbe aus vertrockneten Zellen, nicht wohl verträglich. Dieses Wachsthum ist jedoch nach Duhamel's Beobachtungen beschränkt, es zerreisst daher die Epidermis an grössern Stämmen in Lappen. Dagegen besitzt sie ein bedeutendes Reproductionsvermögen.

Unter dem Ausdrucke der zelligen Hülle (enveloppe cellulaire) versteht Duhamel die grüne, saftige Schichte, die in ihrer Structur mit dem Marke übereinstimmt und aus Zellgewebe besteht. Sie besitzt, wie die Epidermis, ein Reproductionsvermögen und dient auch zur Wiedererzeugung der letztern (à la réparation de l'épiderme).

Die Rindenschichten (couches corticales), welche den zwischen der zelligen Hülle und dem Holze liegenden Theil der Rinde in sich begreifen, bestehen aus netzartig verbundenen lymphatischen Gefässen (Baströhren) und einem Zellgewebe, welches die Maschen des Gefässnetzes ausfüllt, von dem Holze durch alle Schichten der Rinde bis zur Epidermis sich erstreckt, ausserhalb der Rindenschichten sich ausbreitet und die zellige Hülle bildet. Ausserdem liegen in den Rindenschichten noch eigene Gefässe.

1) l. c. p. 107.

2) Physique des arbres. 1758. I. p. 6.

Die Beschreibung, welche HILL [1]) von der Rinde giebt, steht der von DUHAMEL gegebenen weit nach; er unterscheidet an der Rinde drei Schichten 1) the rind, 2) the bark, 3) the blea.

Der äussere Theil der Rinde (the rind) entspricht der Epidermis von DUHAMEL; er besteht aus mehreren über einander liegenden Schichten von Zellen [2]). Der innere Theil der Rinde (the bark) hat einen ähnlichen Bau, wie der äussere Theil, und verwandelt sich in denselben, wenn die äussern Schichten abfallen. Unter dem Ausdrucke: blea, scheint HILL die innersten neugebildeten Bastschichten zu verstehen. Dieser Theil besteht nach seiner Ansicht aus langen Röhren mit vielen Oeffnungen und dicken Wandungen, welche durch eine gleichförmige, weisse, flockige, formlose Masse vereinigt sind.

In den späteren Schriften über Pflanzenphysiologie findet sich mehr oder weniger eine Wiederholung der von DUHAMEL gegebenen Beschreibung, z. B. bei SENEBIER [3]). Es bildet sich jedoch allmählig eine schärfere Unterscheidung der Oberhaut der Baumstämme von der Epidermis der grünen Theile aus. SENEBIER nimmt zwar noch, wie DUHAMEL, an, dass die Oberhaut dieser Theile das gleiche Organ sei, erkennt jedoch den Unterschied zwischen beiden an, dass die Epidermis des Baumstammes ein Reproductionsvermögen besitze, welches der Epidermis der grünen Theile fehle; da er aber fand, dass sich die Epidermis der grünen Zweige ebenfalls nicht ersetze, so vermuthet er, dass diese Eigenschaft wohl von einem gewissen Grade ihrer Entwicklung, den sie noch nicht erreicht habe, abhängig sei.

Der Untersuchung der Reproduction der Epidermis widmet SENEBIER eine besondere Sorgfalt. Er findet die Vorstellung von GREW und MALPIGHI, dass die Epidermis aus vertrockneten Zellen der zelligen Hülle bestehe, unverträglich mit der Erscheinung, dass sie sich ohne Zerreissung ausdehnt. Er beobachtete, dass die Epidermis sich ohne Exfoliation reproducirte, wenn die Wunde nicht tief war, dagegen mit Exfoliation, wenn die Wunde in die Rinde eindrang. Sie ersetzte sich sogar mit der Rinde wieder, wenn diese weggenommen wurde; sie ersetzte sich allein, wenn sie allein weggenommen wurde. Sie ist jedoch nach seiner Ansicht nicht als ein durch den Contact der Luft modificirtes Rindenparenchym zu betrachten, weil der Contact der Luft ihrer Wiedererzeugung hinderlich sei.

Da die Epidermis der alten Bäume aus einer Lage von todten und vertrockneten Lappen besteht, deren Spalten den Fasern und Gefässen der Rinde folgen, so nahm SENEBIER an, dass das Ausdehnungsvermögen der Epidermis beschränkt sei, dass sie bei starkem Wachsthume einreisse, dass die durch die Ausdehnung desorganisirte Epidermis sich durch eine andere ersetze, welche die Zwischenräume der zerstörten ausfülle. Diese Umstände machten es ihm wahrscheinlich, dass ein eigenthümliches Netz (von Gefässen?) für die Bildung der Epidermis auf der Rinde liege [4]).

1) The construction of timber. Sec. edit. Lond. 1774.

2) Ich unterlasse es, von der anatomischen Darstellung, welche HILL giebt, einen ausführlicheren Auszug zu geben, indem bekanntlich seine Darstellung des Zellgewebes und der eigenen Gefässe so verschieden von den Ergebnissen der neueren Untersuchungen ist, dass sie kaum noch einiges historische Interesse hat.

3) Physiologie végétale. I. p. 147.

4) L. c. p. 157.

LINK [1]) unterscheidet diese von SENEBIER als verschieden beschriebene Schichten der Epidermis und der Rindenhülle nicht, sondern beschränkt sich auf die Angabe, dass die Rinde zu äusserst aus grünem Parenchyme bestehe, welches im Alter, wahrscheinlich durch Einwirkung der Luft bräunlich werde, auch an der Oberfläche immer mehr und mehr einschrumpfe, rissig werde und abfalle. Wenn die Zellen sehr leer und mit wenig grüner oder brauner Materie gefüllt seien, so bilden sie die Korkrinde.

RUDOLPHI [2]) setzte den Unterschied zwischen der Epidermis des Stammes der holzartigen Gewächse von der Epidermis der grünen Theile fest, dass der ersten die Spaltöffnungen fehlen.

TREVIRANUS [3]) nimmt in der Rinde der Dicotylen drei Schichten an. Die äussere besteht aus Parenchyma, die äusserste Wand der äussersten Zellen dieser Schichte bildet die Oberhaut. Die mittlere Rindenlage ist der Bast. Die innerste stosst an den Splint, und geht von der Mitte des Frühlings bis zur Sonnenwende in denselben über.

DU PETIT THOUARS [4]) nimmt an, dass sich alle Jahre eine Schichte des grünen, unter der Epidermis liegenden Parenchymes in die Epidermis umwandle. Durch die Ausdehnung der Rinde werden die alten Epidermisschichten in ein zartes, auf der Oberfläche ausgespanntes Netz verwandelt, welches sich daselbst lange Zeit erhält.

C. SPRENGEL [5]) unterscheidet zwar durchaus die Epidermis des Stammes von der Oberhaut der grünen Theile, ist jedoch in seinen Ansichten über ihre Entstehung schwankend. Die Epidermis ist nach seiner Angabe der äusserste, graue oder weissliche, oft ganz trockene und scheinbar unorganische Ueberzug, der den Stamm rings umgiebt. Er ist von der organisirten, mit Spaltöffnungen versehenen Epidermis der grünen Theile wohl zu unterscheiden; diese geht zum Theil in die erstere über, zum Theil wird die Oberhaut aus der unter ihr liegenden grünen Rinde durch Einwirkung des Sauerstoffes der Atmosphäre erzeugt, indem derselbe Verdichtung und Unwegsamkeit der obersten Rindenlagen bewirkt und die letzteren dadurch aus dem Kreise der organischen Theile ausstösst.

In der Oberhaut der *Eichen*, *Ulmen*, von *Viburnum Lantana*, *Passiflora suberosa* u. s. w. erzeugt sich als eigene Substanz der Kork, über dessen Entwicklung übrigens nichts Näheres angegeben wird.

MIRBEL [6]) rechnet die Epidermis des Baumstammes mit der der grünen Theile zusammen. Sie löst sich im Alter plattenförmig (*Platanus*) oder lappenförmig (*Birke*) ab, oder verwandelt sich in Staub. An den jungen Theilen der Holzpflanzen erneuert sie sich leicht. Der Kork ist eine wahre Epidermis, welche durch eine Vereinigung vieler zelliger Schichten gebildet wird.

POLLINI [7]) unterscheidet die wahre Epidermis von der unregelmässigen, rissigen Oberhaut der bejahr-

1) Grundlehren der Anatomie und Phys. p. 158.
2) Anatomie der Pflanzen. p. 70.
3) Vom inwend. Bau d. Gew. p. 137.
4) Essais sur la végétation. 1809. Cinquième essai.
5) Von dem Bau und der Natur der Gewächse. p. 411.
6) Élémens de physiologie végétale etc. I. p. 36.
7) Saggio di osservazioni s. vegetazione degli alberi. p. 11.

ten Bäume, welche durch Vertrocknung der äussern Schichten des Rindenparenchymes entsteht und stückweise z. B. bei *Platanus* abgeworfen wird, worauf sich ein neues Parenchym in den unterliegenden Theilen erzeugt.

Nach einer spätern Aeusserung von Link [1]) zeigt die Rinde sowohl in ihrem äusseren parenchymatosen Stratum, als in ihrem mittleren, aus Parenchym und Bast gemischten, als auch in ihrem innersten, welches hauptsächlich fibros ist, ein Wachsthum. Diese Schichten sind nicht von einander strenge geschieden. Der äusserste Theil der Rinde wird entweder abgeworfen *(Platanus)*, oder zerreisst auf verschiedene Weise. Zuweilen wird er saftlos, wie bei *Quercus Suber*.

Decandolle [2]) unterscheidet von der gewöhnlichen Oberhaut (Cuticula) die Oberhaut der alten Stämme unter dem Namen der Epidermis. Die letztere lässt er aus den äusseren Zellen des Rindenparenchymes entstehen, welche durch Berührung mit der Luft vertrocknen und ein häutiges Aussehen bekommen. Sie ist einfach, wenn nur eine Lage von Zellen vertrocknet, mehrfach, wie bei der *Birke*, wenn allmählig mehrere Zellschichten vertrocknen. Die Epidermis besitzt niemals, wie die Cuticula, Spaltöffnungen oder Haare. Das Aufspringen der Rinde leitet Decandolle von einem Absterben und von zu starker Ausdehnung der zelligen Hülle her. Der Kork beweist nach seiner Ansicht, dass sie auch in diesem Zustande noch einige Zeit fortbestehen kann, ohne abzufallen. Wenn bei der *Platane* diese abgestorbene Hülle abfällt, so entwickelt sich aus der auf diese Weise entblössten Rindenlage eine neue Hülle, welche ebenfalls später abgeworfen wird [3]).

Weit genauer, als alle vorhergehenden Schriftsteller beschreibt Hundeshagen [4]) die Rinde. Er unterscheidet in der Rinde drei Schichten, den Bast, die Borke und die Oberhaut. Diese drei Theile finden sich nur im jüngeren, noch mit einer glatten Rinde versehenen Holzstämmchen mit Saft erfüllt, später ist der Bast allein noch saftführend. Mit dem Ausdrucke der Borke bezeichnet Hundeshagen die zellige Hülle, mit dem des Bastes nicht die Bastbündel allein, sondern den innern Theil der Rinde überhaupt.

Die Abweichungen im Rindenbaue der Holzarten bringt Hundeshagen in folgende Abtheilungen:

1) Holzarten, die nach dem Aufreissen nur Bast besitzen und den ältesten Theil der Rinde durch Abblättern verlieren oder auch nicht, z. B. *Clematis Vitalba, Vitis, Platanus, Lonicera, Philadelphus, Pyrus Malus* etc.
2) Holzarten, die nie oder nur ausnahmsweise aufreissen, also stets nur die Bastlagen vermehren und dadurch den Rindenkörper verdicken, ohne die ältesten Theile zu verlieren, z. B. die *Buche, Hainbuche.*
3) Holzarten, die erst spät aufreissen und so lange, bis dieses geschieht, den Rindenkörper jährlich durch eine neue Lage von Bast und von Oberhaut verstärken, also letztere lange Jahre beibehalten; *Betula, Cerasus.*

1) Elementa philosophiae botan. p. 159.
2) Organographie végétale I. p. 74.
3) L. c. I. p. 196.
4) Anatomie, Chemismus und Physiologie der Pflanzen. 1829. p. 32.

4) Holzarten, die, so lange sie glattrindig sind, nur den Bast vermehren, nach ihrem frühern oder spätern Aufreissen aber nicht blos den letztern, sondern auch die Borkensubstanz jährlich durch neue Lagen verstärken, während die äussersten oder ältesten Borkenschichten abtrocknen und sich abblättern, z. B. die *Eichen, Ulmen, Linden, Eschen, Tannen.*

Bei den letzteren vermehrt sich die Borke, so lange die Oberhaut nicht aufgerissen ist, beinahe nicht, dann aber legt sich jährlich eine starke Borkenlage auf der äussern Grenze des Bastes an und es trocknet die Borke aus.

Auch die Oberhaut setzt jährlich auf ihrer innern Seite eine neue Lage an; zuweilen, wie bei der *Birke,* bilden sich auch in Einem Jahre mehrere Oberhautschichten. Wie dagegen die Oberhaut aufreisst und die Borke zu wachsen anfängt, so legen sich keine neuen Oberhautschichten mehr an [1]).

Den Kork der *Korkeiche* vergleicht HUNDESHAGEN mit der Borke und vermuthet, er möge von einem grünen, sehr saftigen Rindenmarke unmittelbar über dem Baste ausgehen [2]).

TREVIRANUS [3]) erkennt ein späteres schichtenweises Wachsthum der äussern Rinde (worunter er die enveloppe cellulaire der französischen Botaniker versteht) nicht an, wenigstens nicht bei solchen Bäumen, bei welchen die äusserste Rinde nicht jährlich abgeworfen wird, er beruft sich dabei auf MIRBEL, nach welchem die Borkenschichten der Eiche aus den äussersten Bastschichten gebildet sind [4]).

Werfen wir einen Blick auf die angeführten Beschreibungen der Rinde zurück, so erhellt, dass zwar von den Meisten auf gleiche Weise an derselben die Oberhaut, die zellige Hülle und die Bastschichten unterschieden werden, dass dagegen über den Bau und die Verwandlung dieser Theile in einander die Meinungen sehr abweichend waren.

Die Epidermis des Stammes wurde von den älteren Botanikern (GREW, DUHAMEL, SENEBIER) für dasselbe Organ, wie die Epidermis der grünen Theile gehalten und die Abweichungen, die man in Hinsicht auf Bau, Reproduction etc. beobachtete, theils als ursprüngliche Eigenthümlichkeiten der Rindenepidermis, theils als Folge einer höheren Entwicklungsstufe (SENEBIER) derselben betrachtet.

Nachdem der Bau der Epidermis, hauptsächlich durch RUDOLPHI's Bemühungen, genauer bekannt geworden war, so wurde die entgegengesetzte Meinung herrschend und eine Verschiedenheit der Oberhaut des bejahrten Stammes von der Epidermis der grünen Theile von SPRENGEL, POLLINI, DECANDOLLE u. A. anerkannt.

Ueber diese Oberhaut des Stammes bildete sich dagegen keine feste und allgemein anerkannte Ansicht; die Einen hielten sie, wie dieses früher schon von HILL geschehen war, für die vertrockneten äussern Rindenschichten z. B. DU PETIT THOUARS, LINK, POLLINI, DECANDOLLE, während Andere, wie schon früher DUHAMEL und SENEBIER, in neuern Zeiten hauptsächlich HUNDESHAGEN eine ursprüngliche Verschiedenheit der Oberhaut des Stammes von der zelligen Hülle erkannten, indem sie ein von der letztern unabhängiges Wachs-

1) L. c. pag. 287.
2) L. c. pag. 291.
3) Physiologie der Gewächse. Tom. I. p. 213.
4) Développement du liber et du bois. Tab. II. fig. 11. a. pag. 23.

thum und eine Wiedererzeugung derselben beobachteten. Darüber, dass die dicke, rissige Borke (welche jedoch von den Meisten von der Oberhaut nicht unterschieden wurde) durch Vertrocknung der äussern Rindenschichten entstehe, waren bis auf die neuesten Arbeiten von Mirbel und Treviranus beinahe Alle einig, allein auch hiermit stand wieder im Widerspruche, dass Sprengel und Mirbel beim Korke, Pollini und Decandolle bei der Platane eine spätere Entwicklung von Zellgewebe auf der äussern Fläche der Rinde annahmen.

Diese Widersprüche wurden zum Theile durch Hundeshagen gelöst, indem dieser zeigte, dass die Rinde durchaus nicht, wie die früheren Botaniker angenommen zu haben scheinen, bei den verschiedenen Bäumen sich auf eine ähnliche Weise im Alter verändere, dass die Oberhaut des Stammes und die Borke zwei gänzlich verschiedene Systeme seien, dass die Verdickung der Epidermis und die Erzeugung von Borke nicht auf einer Vertrocknung, sondern auf einer spätern Entwicklung von Zellen bestehe und dass die Bildung dieser beiden Theile in einem Gegensatze zu einander stehe, dass dagegen bei anderen Holzpflanzen die alte Rinde wirklich absterbe und abgeworfen werde. Da jedoch Hundeshagen, wie es scheint, das Mikroskop nicht zu Hülfe nahm, so mussten seine Untersuchungen mangelhaft bleiben und manche wichtige Erscheinungen von ihm falsch aufgefasst werden.

Die zahlreichen, in den Beobachtungen der angeführten Botaniker enthaltenen Widersprüche lassen sich alle durch eine vergleichende Untersuchung der Rinde verschiedener Holzpflanzen auflösen, indem die meisten der angeführten Ansichten auf richtigen Beobachtungen beruhen und nur desshalb fehlerhaft sind, weil sie zu sehr verallgemeinert wurden, indem fälschlicherweise das an der einen Pflanze Beobachtete unbedingt auf die übrigen baumartigen Gewächse übergetragen wurde, weil ferner aus dem Grunde dieser vermutheten Uebereinstimmung bei verschiedenen Pflanzen ohne gehörige Untersuchung sehr verschiedene Theile, welche in ihrem Aussehen Aehnlichkeit hatten, für identisch gehalten wurden, wesshalb es denn auch nicht selten ist, dass einem Baume z. B. der Platane zugeschrieben wird, was nicht auf sie, wohl aber z. B. auf die Korkeiche passt.

Es wird die Darstellung der Resultate, die ich aus meinen Beobachtungen herleite, wohl am deutlichsten werden, wenn ich mit der Beschreibung der am meisten zusammengesetzten Rinden beginne, indem bei diesen manche Theile, die bei andern Rinden nur in schwachen Spuren vorkommen, vollkommen deutlich ausgebildet und in ihrer Entwicklung am sichersten zu verfolgen sind.

Diesen Vortheil bietet unter den von mir untersuchten Pflanzen die *Korkeiche (Quercus Suber)* am meisten dar.

Auf dem Querschnitte des einjährigen Astes unterscheidet man in der Rinde dieses Baumes vier Schichten.

Die äusserste Schichte wird von der *Epidermis* gebildet; diese besteht aus einer einfachen Lage kleiner, ziemlich dickwandiger Zellen und ist mit sternförmigen Haaren besetzt. Sowohl hier, als bei allen andern Holzpflanzen findet man auf den frischen Trieben eine mit der Oberhaut der Blätter vollkommen übereinstimmende Epidermis, welche meistens, wie über den Nerven der Blätter, aus etwas in die Länge gestreckten

Zellen besteht und wie bekannt nur in seltenen Fällen Spaltöffnungen besitzt. Nur diese Oberhaut der jüngsten Triebe werde ich mit dem Ausdrucke der Epidermis bezeichnen, aber nie die Oberhaut der ältern Zweige und Stämme, indem diese, wie sich zeigen wird, mit der eigentlichen Epidermis nichts gemein hat.

Unter der Epidermis erkennt man an den jungen Zweigen der *Korkeiche* eine zweite Schichte, welche aus 3 — 5 Lagen dünnwandiger, ungefärbter, körnerloser, in diametralen Reihen liegender und in dieser Richtung etwas zusammengedrückter Zellen besteht. Diese Schichte bezeichne ich aus den weiter unten anzugebenden Gründen mit dem Ausdrucke der *Korkschichte, stratum suberosum s. phloeum* [1]).

Als dritte Schichte erscheint das grüne parenchymatose Gewebe der Rinde, die *zellige Hülle, integumentum s. stratum parenchymatosum* (*enveloppe cellulaire* der Franzosen). Diese hat in der *Korkeiche* das Ausgezeichnete, dass zwischen den mit Chlorophyllkörnern gefüllten Zellen einzelne kleine Parthieen von dünnwandigen, etwas grösseren Parenchymzellen liegen, welche keine Körner enthalten und ungefärbt sind.

Als vierte Schichte endlich, welche sich jedoch erst bei mehrjährigen Aesten als deutliche Schichte darstellt, ist der innerste, die Bastbündel enthaltende Theil der Rinde (*die Bastschichte oder Faserschichte, stratum fibrosum s. stratum libri*) zu betrachten.

In dem 2 — 3jährigen Aste findet man die angegebenen Schichten noch ziemlich in demselben Zustande, wie im ersten Jahre. Die Epidermis und die Korkschichte sind unverändert, das Parenchym der zelligen Hülle dagegen vergrössert, es finden sich insbesondere die angeführten körnerlosen Zellen in grösserer Anzahl, ihre Wandungen haben sich zum Theile verdickt und sind mit feinen, porenähnlichen Tüpfeln versehen.

Im 3ten — 5ten Jahre [2]) bekommt die Epidermis, welche der Ausdehnung der Rinde nicht mehr folgen kann, Einrisse und nun geht in der unter ihr liegenden Korkschichte eine bedeutende Veränderung vor. Sie zeigt nämlich von nun an ein bedeutendes Wachsthum durch Bildung von neuen Schichten auf ihrer innern, an die zellige Hülle angrenzenden Seite. Die neugebildeten Schichten bestehen ebenfalls, wie die Korkschichte des ersten Jahres, aus körnerlosen, dünnwandigen Parenchymzellen, welche in diametralen Reihen stehen; diese Zellen sind aber in der Richtung von innen nach aussen etwas verlängert, wie Markstrahlenzellen und vertrocknen bald nach ihrer Entwicklung. Die äussersten Schichten, welche sich nicht so sehr in die Breite ausdehnen können, als es das Wachsthum der innern verlangt, reissen unregelmässig ein und geben dem Stamme eine rauhe Oberfläche. Auf dem Querschnitte der Korksubstanz eines älteren Stammes erkennt man, dass die Erzeugung neuer Zellen nicht gleichmässig vor sich geht, sondern absatzweise erfolgt

1) *ὁ φλοιός*, die Rinde, der Kork.

2) Ich stellte meine Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte des Korkes an Pflanzen an, die in dem Gewächshause gezogen wurden. Ohne Zweifel erfolgen im Vaterlande der *Korkeiche* bei kräftigerer Vegetation der Pflanze schon im ersten oder zweiten Jahre die Veränderungen der Rinde, die ich erst im 3ten — 5ten Jahre eintreten sah, wenigstens besitzt ein vor mir liegendes Stämmchen, welches nur 4 Jahrringe hat, bereits eine 4''' dicke Korklage.

und dass an der Grenze zweier Schichten die Zellen kürzer werden und daher dunklere, etwas festere Kreise bilden, auf ähnliche Weise wie die Jahrringe im Holze. Diese Schichten zeigen jedoch keine grosse Regelmässigkeit, sie sind an einzelnen Stellen weit dicker, als an andern, keilen sich an einzelnen Stellen aus u. dgl. m. Die ganze Masse dieser zelligen Bildung ist elastisch, hellbraun, kurz stellt die unter dem Namen des *Korkes* bekannte Substanz dar.

Die zellige Hülle nimmt an der Bildung des Korkes durchaus keinen Antheil; sie zeigt jedoch ebenfalls ein Wachsthum in die Dicke, jedoch ein sehr geringes und gleichförmiges, so dass in derselben keine concentrische Schichten bemerkbar sind. Die Gruppen von körnerlosen, weissen Zellen vermehren sich mit der Zeit in derselben, die Wandungen dieser Zellen werden dick, feinpunctirt und sehr fest, so dass diese Zellengruppen unter der Form von weissen, sehr harten, unter dem Messer knirschenden Körnern sich darstellen, welche der zelligen Hülle eine grosse Härte und ihrem Durchschnitte ein gefleckte̲s Ansehen geben. Aehnliche Körner finden sich zuweilen auch im Korke.

Die vierte, innerste Schichte bildet sich allmählig durch Entwicklung neuer Bastbündel ebenfalls deutlicher aus; ihre Parenchymzellen stimmen mit denen der zelligen Hülle überein und gehen unmittelbar in dieselbe über.

Bei einem vierjährigen Stämmchen betrug die Dicke der Korklage 4‴, die der zelligen Hülle $^4/_5$‴, die der Bastschichte $^4/_{10}$‴.

Unter den bei uns einheimischen Bäumen stimmt mit der Korkeiche in Beziehung auf die Entwicklung einer Korksubstanz wohl *Acer campestre* am meisten überein. Es unterscheidet sich die Rinde des *Massholders* von der Rinde der *Korkeiche* beinahe nur dadurch, dass meistens schon im ersten Jahre, besonders an rasch wachsenden Zweigen, die Epidermis aufspringt und sich eine dicke Schichte von Kork entwickelt.

Unter der kleinzelligen Epidermis liegt, ehe dieselbe aufspringt, eine Schichte von 6—8 Reihen dünnwandiger, ungefärbter, etwas in die Breite gezogener Zellen, die in diametralen Linien stehen. Wie die Epidermis im Laufe des ersten oder zweiten Sommers Längenrisse bekommt, so wächst sogleich diese Korkschichte in die Dicke, zuerst an den Seiten und unter den Rissen, später auch an andern Stellen. Die Zellen der entwickelten Korksubstanz sind wie bei der Korkeiche in der Richtung von innen nach aussen verlängert und stehen zugleich auch (was bei *Quercus Suber* nicht stattfindet) in senkrechten Reihen über einander. Wie bei *Quercus Suber,* so finden sich auch hier in der Korksubstanz Querbänder, die von kürzeren Zellen gebildet sind, und zwar gewöhnlich in jeder in einem Jahre erfolgenden Anlagerung zwei derselben.

Der Kork von *Acer campestre* zeigt ein weit stärkeres Wachsthum als die zellige Hülle der Rinde und die Bastschichte, so dass die Korklage bei 2—3jährigen Aesten bereits 1—2 Linien dick ist, während die beiden inneren Schichten zusammen nur etwa $^1/_5$ Linie betragen. Mit dem späteren Alter des Baumes tritt dagegen eine grössere Gleichförmigkeit ein, indem der sehr weiche und zerreibliche Kork leicht zerstört wird und daher nie eine beträchtliche Dicke erreicht; bei einem 23jährigen Stamme waren z. B. sowohl die Korkschichte als die beiden innern Schichten zusammen eine Linie dick.

Die zellige Hülle von *Acer campestre* unterscheidet sich in ihrer Vegetation von der der *Korkeiche*

durch ihr äusserst schwaches Wachsthum; sie wächst nämlich kaum in die Dicke, sondern vergrössert sich nur so viel, dass sie bei der Ausdehnung, welche sie in Folge der Vergrösserung des Holzes erleidet, ihre frühere Dicke beibehält. Die innerste (Bast) Schichte zeigt das gewöhnliche Wachsthum.

Dieselben Rindenschichten, wie bei *Quercus Suber*, aber von sehr abweichender relativer Dicke, findet man bei den *Banksien*. Bei manchen derselben, z. B. bei *Banksia serrata* schwillt die Rinde am untern Theile des Stammes bedeutend an, so dass dieser eine knollenartige Verdickung zu besitzen scheint. Bei einem von mir untersuchten Stamme dieser Pflanze betrug der Halbmesser des Holzes 3‴, die Dicke der Rinde 8‴. Die Rinde bestand an dieser Stelle aus drei Schichten, indem die äusserste, die Epidermis, bereits zu Grunde gegangen war. Die innerste Schichte, welche die Bastbündel enthielt, stellte sich als eine sehr schmale Linie dar; die äusserste war $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$‴ dick, gelblich und weich, zeigte sich bei der anatomischen Untersuchung als ein, aus ziemlich regelmässigen, in diametralen Linien stehenden Zellen bestehender Kork.

Der ganze übrige Theil der Rinde (die mittlere Schichte) stimmte in seinem Baue vollkommen mit der zelligen Hülle der *Korkeiche* überein, indem er aus dünnwandigen parenchymatosen Zellen bestand, zwischen welche eine sehr grosse Menge von weisslichen harten Körnern, die aus dickwandigen, punktirten Zellen bestanden, eingelagert war.

Auf ähnliche Weise, jedoch in weniger auffallendem Grade verdickt sich die zellige Hülle bei *Hakea oleifolia*. Bei einem Stamme, dessen Holz einen Halbmesser von 7‴ zeigte, war die Rinde auf 2‴ verdickt. Die Dicke der Bastschichte betrug nur $\frac{3}{10}$ — $\frac{4}{10}$‴, die des Korks etwa $\frac{2}{10}$‴, das übrige bestand aus der verdickten zelligen Hülle, welche vollkommen denselben Bau, wie die der *Korkeiche* hatte.

Es erhellt aus dem Gesagten, dass auch bei denjenigen Pflanzen, deren Rinden einen sehr übereinstimmenden Bau besitzen, die Verdickung derselben auf dem vorherrschenden Wachsthume sehr verschiedener Schichten beruhen kann; so beruht sie bei der *Korkeiche* auf dem Wachsthume des Korkes und einem geringen Wachsthume der zelligen Hülle, bei *Acer campestre* in den ersten Jahren auf dem vorherrschenden Wachsthume des Korkes, in den späteren auf dem Wachsthume der Bastschichte, bei *Banksia serrata* und *Hakea oleifolia* auf dem vorwaltenden Wachsthume der zelligen Hülle.

Bei den angeführten Pflanzen bleiben das ganze Leben hindurch sämmtliche Schichten der Rinde strenge geschieden und es erhalten sich alle mit Ausnahme der Epidermis, welche nach ihrem Aufspringen verwittert und sich eben so wenig, als die Epidermis des Blattes wieder erzeugt, wogegen der Kork, wenn seine äussern Lagen verwittern oder weggenommen werden, wieder ersetzt wird, weil seine Production auf der äussern Seite der zelligen Hülle immerwährend fortdauert.

In der Substanz des Korkes von *Quercus Suber* und *Acer campestre* können, wie oben angeführt wurde, zweierlei Schichten, die jedoch nicht scharf getrennt sind, unterschieden werden, nämlich die aus diametral verlängerten, oder ziemlich regelmässigen parenchymatosen Zellen bestehende Hauptmasse desselben, und die dunkleren, diese Masse in Schichten trennenden Streifen, welche von ähnlichen, aber in der Richtung von innen nach aussen sehr verkürzten, also tafelförmigen Zellen bestehen.

Es zeigt sich bei dem allmähligen Uebergange dieser zweierlei Substanzen in einander, dass sie nur als eine leichte Modification derselben Bildung und nicht als eigene, streng zu sondernde Rindenschichten zu betrachten sind. Weit strenger gesondert treffen wir dagegen diese beiden Schichten des Korkes in der Rinde mancher anderer Holzgewächse, z. B. bei *Gymnocladus canadensis.*

Auf den älteren Stämmen dieser Pflanze ist die Rinde rauh und unregelmässig in Lappen zerrissen. Die anatomische Untersuchung zeigt, dass die beiden innern Rindenschichten schmal sind und an der Bildung dieser zerrissenen Oberfläche keinen Theil haben, sondern dass die letztere aus unregelmässigen, dünnen Lagen einer röthlichbraunen parenchymatosen Korksubstanz besteht, welche durch dunkelbraune, schmale Schichten von einander geschieden sind. Diese braunen Schichten bestehen aus tafelförmigen, etwas dickwandigen Zellen und sind von der helleren Korksubstanz sehr scharf unterschieden. Diese braunen Schichten bilden keine regelmässige concentrische Kreise in der Korksubstanz, sondern verschmelzen an einzelnen Stellen unter einander, so dass die hellere Korksubstanz durch dieselben in viele schuppenförmige Blätter getheilt wird. Wenn durch die Ausdehnung des Stammes der Kork ausgedehnt wird und einreisst, so lösen sich in den angegebenen braunen Zellschichten die Schuppen der Korksubstanz zuerst an ihren Rändern und später auch in ihrer Mitte ab, so dass der Stamm von einer Menge unregelmässiger, an den Rändern aufgeworfener Schuppen bedeckt ist. In Hinsicht auf ihre Consistenz weicht die Korksubstanz von *Gymnocladus* sehr vom Korke von *Quercus Suber* ab, indem sie hart und brüchig ist.

Noch schärfer als bei *Gymnocladus* unterscheiden sich diese beiden aus polyedrischen parenchymatosen und aus tafelförmigen Zellen gebildeten Schichten bei *Betula alba.*

Der einjährige Birkenzweig ist mit einer Epidermis von gewöhnlicher Bildung, welche feine Haare trägt, bedeckt. Zwischen der Epidermis und der zelligen Hülle liegen einige Schichten von tafelförmigen Zellen. Im 2ten—3ten Jahre vertrocknet die Epidermis, fällt unter der Form von weissen Schülfern ab und nun bildet jene Lage von tafelförmigen Zellen, deren Inhalt sich braun färbt, und welche durch Ansatz von neuen Zellen auf ihrer innern Seite sich verstärkt, die glatte Oberhaut der Zweige; damit ist die Grundlage der bekannten weissen, aus zähen Blättern bestehenden Birkenrinde gegeben. Indem diese bisher mit dem Ausdrucke der Oberhaut bezeichnete und mit der Epidermis häufig verwechselte Rindenschichte der Bäume dem gesagten zufolge von der Epidermis strenge zu sondern ist, so werde ich sie mit dem Ausdrucke von *Periderma,* oder auch der *Rindenhaut* zum Unterschiede von der *Epidermis,* der *Oberhaut* bezeichnen. Die Bezeichnungsweise von Decandolle, welcher die Epidermis mit dem Ausdrucke der *Cuticula* und das Periderma mit dem der *Epidermis* belegt, kann gar zu leicht zu Verwechslungen Veranlassung geben.

Untersucht man einen ältern, z. B. 20jährigen Stamm von *Betula alba,* an dem die äussern Rindenschichten noch nicht, oder nur an einzelnen Stellen aufgerissen sind, so findet man, dass seine Rinde aus zwei auffallend verschiedenen Schichten besteht, von denen an einem vor mir liegenden Stamme von 3 Zoll Durchmesser jede $1^{1}/_{4}'''$ dick ist.

Die äussere Schichte besteht aus einer grossen Anzahl (beim angeführten Stamme aus mehr als 50)

bräunlicher, zäher Blätter, die auf beiden Seiten einen weissen Ueberzug besitzen, und sich leicht von einander ablösen lassen. Die anatomische Untersuchung zeigt, dass jedes dieser Blätter aus einigen Lagen von tafelförmigen Zellen, welche ziemlich dicke Wandungen und einen bräunlichen Inhalt haben, in diametralen Reihen liegen, besteht, dass es daher genau dem Periderma des 2—4jährigen Astes und den oben beschriebenen braunen Schichten der Korksubstanz von *Gymnocladus* entspricht.

Die weissen, zwischen den Peridermablättern liegenden Schichten bestehen aus dünnwandigen, ungefärbten, in diametralen Reihen liegenden Zellen, welche weniger stark als die Zellen des Periderma zusammengedrückt sind, leicht zerreissen und dann als staubartiger Ueberzug der braunen Schichten erscheinen. Diese weissen Schichten entsprechen daher der Hauptmasse des Korkes von *Quercus Suber* und *Acer campestre,* und unterscheiden sich nur durch ihre geringe Dicke und sehr geringe Festigkeit von dem Korke.

Wie schon oben angegeben wurde, so verdickt sich in den ersten Jahren nur das Periderma durch unmittelbare Anlagerung neuer aus tafelförmigen Zellen gebildeter Schichten auf seiner innern Seite. Erst ungefähr im 8ten — 10ten Jahre entwickelt sich abwechselnd mit einem Blatte der Periderma auch eine weisse, aus grösseren, weicheren Zellen bestehende Schichte.

Vergleichen wir die Rinde von *Betula* mit der Rinde der *Korkeiche,* so ist deutlich, dass bei der ersteren eine dem Korke ganz entsprechende Bildung vorhanden ist, welche sich von dem letzteren nur durch das verschiedene Verhältniss, in welchem sich die zweierlei Substanzen (das Periderma und der parenchymatose Theil des Korkes) entwickeln und durch die strengere Sonderung derselben unterscheidet. Es tritt mit dieser veränderten Structur auch in Hinsicht auf die Lebensdauer der Korksubstanz ein bedeutender Unterschied ein; während der Kork von *Quercus Suber* und *Acer campestre* bald nach seiner Entwicklung abstirbt und sich daher nicht stark in die Breite ausdehnt, ohne Einrisse zu bekommen, so erhält sich dagegen die weisse Rinde der Birken viele Jahre lang frisch, folgt der Ausdehnung des Stammes und blättert sich auf der Oberfläche nur allmählig und sehr langsam ab. Wir müssen diese Abweichung in dem Vorherrschen und in der grössern Ausbildung der peridermatischen Schichten bei der *Birke* suchen und werden auch weiter unten sehen, dass überall, wo sich diese stark entwickeln, die Rinde sich lange Zeit hindurch glatt erhält.

Die innere Rindenschichte von *Betula* entsteht aus der Verdickung der zelligen Hülle und besonders der Bastschichte; sie enthält wie die Rinde von *Quercus Suber* eine grosse Anzahl sandartiger Körner, die aus dickwandigen Parenchymzellen bestehen.

Dieselben Rindenschichten, wie an den glattrindigen jüngern Stämmen, finden sich auch noch an den erwachsenen, mit dicker, aufgerissener Rinde versehenen Birkenstämmen. Die zellige Hülle und Bastschichte wächst allmählig zur Dicke von 3—4 Linien an, bleibt im übrigen hingegen unverändert; dagegen ist die früher regelmässig blättrige Korkschichte bedeutend verändert. Es hat sich nämlich nun zwischen den bräunlichen Blättern des Periderma eine grosse Masse eines festen, kleinzelligen Parenchymes von einer rothbraunen Farbe gebildet. Es liegt diese aus einer Wucherung der weissen Korksubstanz hervorgegangene parenchymatose Masse nicht regelmässig zwischen je zwei Blättern des Periderma, sondern es ent-

wickelt sich diese Substanz ganz unregelmässig, so dass an der einen Stelle eine starke Ablagerung derselben ist, während an andern Stellen viele weisse Schichten ganz unverändert bleiben. Es erfolgt daher keine gleichförmige Verdickung der ganzen Korksubstanz, sondern eine knotenförmige Vergrösserung derselben, wodurch die vorher vollkommen regelmässig concentrischen Blätter des Periderma vielfach verbogen und zerrissen werden. Dieses neugebildete Parenchym, welches ungeachtet seiner abweichenden Farbe und Härte mit keinem andern Theile, als mit dem Korke verglichen werden kann, enthält wie die zellige Hülle viele weisse, aus dickwandigen Zellen gebildete Körner, wie dieses zuweilen auch im Korke von *Quercus Suber* vorkommt.

Es findet bei Entwicklung dieser Korksubstanz eine grosse Analogie mit der von *Quercus Suber* und *Acer campestre* statt. So lange bei den letzteren Bäumen die Epidermis geschlossen ist, besteht der Kork aus wenigen, von aussen nach innen etwas zusammengedrückten, ungefärbten Zellenschichten, und erst nach dem Einreissen der Epidermis entwickelt sich diese dünne Lage zu grösseren Massen. Auf ähnliche Weise bleiben bei *Betula*, so lange die Lagen des Periderma geschlossen sind, die zwischenliegenden Korkschichten dünn, sobald dieselben dagegen zerreissen, wuchert die Korksubstanz ungemein. Es mag freilich in vielen Fällen die Zerreissung des Periderma Folge und nicht Ursache der Entwicklung der parenchymatosen Schichten sein, in vielen Fällen findet aber der letztere Fall entschieden statt.

Wenn, wie wir oben gesehen haben, bei *Quercus Suber, Acer campestre* von den zweierlei Substanzen, welche bei *Gymnocladus, Betula* den Kork bilden, sich beinahe nur die aus regelmässigen parenchymatosen Zellen gebildete entwickelt, dagegen sich von der zweiten, aus tafelförmigen, etwas dickwandigen Zellen bestehenden Substanz (dem Periderma) nur schwache Spuren zeigen, so giebt es auf der andern Seite auch baumartige Gewächse, bei welchen sich das Periderma allein entwickelt, oder sich von der parenchymatosen Korksubstanz wenigstens nur schwache Spuren zeigen, dieses sind die Bäume mit glatten Rinden.

Eines der auffallendsten Beispiele dieser Rindenbildung bietet *Fagus sylvatica* dar, bei welcher sich bekanntlich die Rinde auch bei Stämmen von sehr bedeutender Dicke beinahe völlig glatt erhält. Die Untersuchung der Rinde einer alten Buche zeigt, dass dieselbe sich hauptsächlich durch Entwicklung der Bastschichte verdickt hat, dass die zellige Hülle nur einen geringen Zuwachs erhielt und dass die äusserste Rindenschichte, welche sehr dünn ist, ein blosses Periderma ist, indem sie aus vielen Lagen tafelförmiger Zellen gebildet ist, welche unter einander enge verbunden und nicht wie bei den *Birken* durch zwischengelagerte dünnwandige Korkzellen in Blätter getheilt sind; nur an einzelnen Stellen trifft man ausnahmsweise zwischen den tafelförmigen Zellen kleine Massen einer röthlichen parenchymatosen Korksubstanz. Das ganze Periderma ist so dünn, dass es bei einer $4\frac{1}{2}'''$ dicken Rinde eine Dicke von nur $\frac{4}{10}$ — $\frac{5}{10}'''$ besitzt.

Einen im wesentlichen ganz mit der Rinde von *Fagus* übereinstimmenden Bau finden wir bei der Rinde von *Citrus Aurantium*, welche sich durch ihre besondere Dünne auszeichnet, bei *Cornus alba, sanguinea, Hedera Helix, Ilex Aquifolium*.

Die durch ihre schuppenförmige Abblätterung bekannte Rinde von *Platanus occidentalis* besitzt den Bau der Buchenrinde, sie erhält sich jedoch nur bis zum 8ten — 10ten Jahre in dieser Form. Um diese Zeit

bildet sich an einzelnen Stellen der Rinde in der Bastschichte derselben eine Platte von tafelförmigen Zellen, welche mit denen des Periderma vollkommen übereinstimmen; dieses neue Periderma ist mit dem älteren, an der Oberfläche der Rinde gelegenen nicht vollkommen parallel, sondern es legen sich die Ränder des neuen, in der Rinde gebildeten Peridermablattes an das ältere Periderma an und trennen auf diese Weise einen Theil der Rinde von der übrigen unter der Form einer Schuppe ab. Dieses isolirte Rindenstück vertrocknet nun, löst sich von dem unter ihm liegenden Periderma los und fällt unter der Form der bekannten Schuppen ab. Dieser Vorgang wiederholt sich nun fortwährend, und es erhält dadurch, dass sich immer ein neues Periderma bildet, der Stamm eine ziemlich glatte Oberfläche.

Bei vielen Holzgewächsen besitzt das Periderma einen besonderen Glanz und grosse Glätte, ist nicht brüchig, wie das der *Buche* und *Platane,* sondern zäh, wie das der *Birke,* und löst sich in dünnen Blättern ab, die sich am leichtesten in der horizontalen Richtung des Stammes abziehen lassen, z. B. bei der *Haselnuss, Prunus Cerasus, spinosa, Mahaleb, domestica.* Bei diesen Bäumen tritt mit der Zeit eine ähnliche Veränderung der Rinde ein, wie bei *Platanus.* Es erhält sich nämlich das Periderma eine Reihe von Jahren hindurch durch Anlagerung neuer Schichten auf seiner innern Seite und langsame Abblätterung auf seiner äussern Seite glatt, und erreicht zugleich ziemliche Dicke, z. B. bei *Prunus domestica.* Zuletzt aber reisst es auf ähnliche Weise, wie bei den Birken ein und der Stamm erhält nun eine rauhe schuppige Oberfläche. Diese Schuppen sind dagegen nicht, wie bei der *Birke* Folge von einer ausserhalb der zelligen Hülle stattfindenden Entwicklung von parenchymatoser Korksubstanz, sondern sie werden wie bei *Platanus* aus der zelligen Hülle und der Bastschichte der Rinde selbst gebildet. Sie entstehen aber nicht, wie dieses allgemein von den Pflanzenphysiologen angenommen wird, durch blosse Austrocknung und Zerreissung der Rinde, sondern es werden die als Schuppen sich darstellenden Bastschichten, noch ehe sie sich von einander ablösen, durch dünne Lagen von Periderma getrennt, welche sich in der 3ten und 4ten Rindenschichte entwickeln und die Ablösung einzelner Stücke derselben vorbereiten. Die Schuppen bilden sich daher hier auf dieselbe Weise, wie bei *Platanus,* und der Unterschied liegt blos darin, dass sich bei der *Platane* jede Schuppe, wie sie sich bildet, ablöst und ehe dieses geschehen ist, keine neue sich unter ihr erzeugt; während dagegen bei *Prunus* sich eine ganze Reihe solcher Schuppen hinter einander bildet, welche sich allmählig zuerst an den Rändern loslösen, aber noch längere Zeit am Stamme hängen bleiben, so dass derselbe von vielen Lagen unregelmässiger, ganz oder halb abgestorbener Schuppen bedeckt ist.

Auf dieselbe Weise wie bei *Prunus* bilden sich auch bei *Pyrus, Crataegus Oxyacantha,* bei *Quercus Robur, Tilia europaea* etc. die Rindenschuppen.

Die auf die angegebene Weise gebildeten Rindenschuppen haben nur in ihrem Aeusseren Aehnlichkeit mit den Schuppen der eigentlichen, auf der äussern Seite der zelligen Hülle entstehenden Schuppen aus Korksubstanz; anatomisch unterscheiden sie sich von denselben wesentlich dadurch, dass sie Bastbündel eingeschlossen enthalten, ich bezeichne daher den äusseren, schuppigen Theil dieser Rinde, zum Unterschiede vom *Korke,* mit dem Ausdrucke der *Borke, rhytidoma* [1]).

1) Von ῥυτίς, Runzel.

Das Parenchym der Rinde scheint in den Borkenschuppen von *Prunus, Tilia, Quercus Robur* ziemlich unverändert zu bleiben, wenigstens zeigt die anatomische Untersuchung keine erheblichen Verschiedenheiten in Hinsicht auf relative Stellung und Grösse der Zellen: dieselben sind nur brauner, zum Theil dickwandiger und fester, wie z. B. bei der *Eiche,* und in den äusseren Schuppen vollkommen abgestorben.

Bei anderen Holzgewächsen, bei welchen sich die Borkenschuppen auf dieselbe Weise, wie bei *Prunus* bilden, erleidet dagegen das Zellgewebe derselben eine Metamorphose und ein weiteres Wachsthum, wodurch die Schuppen den aus Korksubstanz gebildeten noch ähnlicher werden.

In geringerem Grade, doch schon merklich findet dieses bei der Rinde von *Salix babylonica* statt, hauptsächlich findet es sich aber bei der Rinde mancher Zapfenbäume, unter den bei uns einheimischen hauptsächlich bei *Larix europaea, Pinus sylvestris, montana, Cembra, Abies excelsa.*

In der Rinde von *Larix europaea* und ebenso mehr oder weniger deutlich bei den übrigen genannten *Coniferen* bilden sich nämlich in ihren äussern Lagen dünne Schichten von röthlich gefärbten, parenchymatosen, dünnwandigen Zellen, durch welche einzelne Schichten der äussern Rinde von der unterliegenden Rinde unter der Form von unregelmässigen Schuppen getrennt werden. Diese röthlichen Zellenschichten zeigen zwar in so ferne eine abweichende Bildung vom gewöhnlichen Periderma, als ihre Zellen nicht die tafelförmige Gestalt und verdickten Wandungen des Periderma von *Prunus* etc. besitzen, sondern dünnwandig und leicht zerreissbar sind, da jedoch diese Zellenschichten sich an denselben Stellen, wie das Periderma von *Prunus, Tilia* etc. entwickeln, so ist kein Grund vorhanden, sie nicht zu demselben zu rechnen. Die auf diese Weise isolirten Borkenschuppen verwandeln sich nun in eine brüchige, korkähnliche Substanz durch Vermehrung und Vergrösserung ihrer parenchymatosen Zellen, welche dabei eine ziemlich unregelmässige Stellung erhalten, so dass von den Fortsetzungen der Markstrahlen nur noch undeutliche Spuren übrig bleiben. Die Baströhren und Harzgänge, welche in diesen Schuppen liegen, werden durch diese Wucherung des Zellgewebes weiter von einander entfernt und bekommen eine unregelmässige, gewundene Form. Die äusserste und die innerste Zellenlage jeder Schuppe besteht aus kleineren, etwas dickwandigen Zellen, sie stellen somit besondere, festere Schichten, die sich schon mit blossem Auge unterscheiden lassen, dar.

Auf ähnliche Weise, jedoch weniger deutlich bilden sich auch bei dicken Stämmen von *Taxus baccata* dünne Borkenschuppen.

Bei *Juniperus communis* bilden sich zwischen den Bastschichten der Rinde dieselben Lagen von röthlichen Parenchymzellen, wie bei *Larix;* diese neugebildeten Zellenschichten folgen aber dem Umfange des Stammes und theilen die Rinde in regelmässige concentrische Blätter und nicht in einzelne, isolirte Schuppen. Das Rindenparenchym selbst verändert sich dabei wenig oder nicht, bekommt daher nicht das borkenähnliche Aussehen der Lerchenrinde, sondern stellt sich unter der Form von bastähnlichen Blättern dar, welche durch die Ausdehnung des Stammes netzförmig zerrissen werden.

Ganz auf dieselbe Weise, wie beim *Wachholder,* bilden sich dünne Lagen von leicht zerreissenden, dünnwandigen Parenchymzellen zwischen den Bastlagen von *Metrosideros lophanthus* und *Melaleuca*

styphelioides, wesshalb bei diesen Pflanzen der innere, noch lebendige Theil der Rinde von vielen, dünnen, netzförmigen Blättern, welche Bastfasern enthalten, umgeben ist.

Aus der bisherigen Darstellung erhellt, dass die Entstehung von Schuppen auf der Oberfläche der Rinde der angeführten Dicotylen *durchaus nicht auf blosser Vertrocknung der äusseren Rindenlagen und auf mechanischer Zerreissung derselben beruht, sondern auf einer spätern Entwicklung eigener Zellenschichten, welche entweder selbst jene Schuppen bilden, oder einzelne Rindenstücke von der innern Rinde absondern und als Schuppen erscheinen lassen.*

Diese spätere Erzeugung von Zellgewebe zeigt daher zwei Hauptmodificationen. Entweder entwickelt sich nämlich das neue Zellgewebe ausserhalb der zelligen Hülle und es bildet sich *Kork,* oder es entwickelt sich das Zellgewebe im Innern der zelligen Hülle und der Bastschichten, und es bildet sich eine *Borke.*

Bei den Bäumen, die zur ersten Abtheilung gehören, erhalten sich die zwei innern Rindenschichten (zellige Hülle und Bastschichte) das ganze Leben der Pflanze hindurch in ihrer Integrität, vergrössern sich immerwährend, nehmen aber an der Bildung der Schuppen keinen Antheil. Bei diesen Gewächsen entwickeln sich die Schuppen aus einer schmalen Lage von parenchymatosen Zellen, welche am einjährigen Aste zwischen Epidermis und zelliger Hülle liegt. In Beziehung auf die Korksubstanz, welche sich aus dieser Zellenlage entwickelt, zeigen sich folgende Modificationen:

a) der Kork besteht beinahe allein aus polyedrischen, in der Richtung der Radien des Stammes verlängerten Zellen und ist nur auf eine unvollkommene Weise durch einzelne Lagen verkürzter Zellen in Schichten getheilt, z. B. *Quercus Suber, Acer campestre.*

b) Die Schichten der verkürzten tafelförmigen Zellen und der parenchymatose Theil sind gleichmässig entwickelt und bilden abwechselnde Lagen: *Gymnocladus canadensis.*

c) Die aus tafelförmigen Zellen gebildeten Schichten sind vorzugsweise entwickelt und bilden die Hauptmasse des Korkes, die Rinde ist daher glatt: erst bei höherem Alter entwickeln sich die zwischen den tafelförmigen Zellschichten liegenden parenchymatosen Zellen zu grössern Massen: *Betula alba.*

d) Die tafelförmigen Zellen entwickeln sich allein und bilden einen dichten, glatten Ueberzug über die zellige Hülle (ein Periderma) z. B. *Fagus sylvatica.*

Bei denjenigen Holzgewächsen, welche die zweite Abtheilung bilden, entwickelt sich zwischen Epidermis und zelliger Hülle ein Periderma und es stimmt ihre Rinde eine Reihe von Jahren hindurch mit derjenigen von nro. d. der ersten Abtheilung überein. Später hört das Wachsthum dieses Periderma's auf und es bildet sich im Innern der Rinde ein neues Periderma, welches die äussere Rindenschichte von der unterliegenden Rinde abtrennt, worauf die äussere Schichte vertrocknet und abfällt.

In dieser Abtheilung finden sich folgende Hauptmodificationen:

a) Das neugebildete Periderma entwickelt sich nicht gleichförmig am ganzen Umfang der Rinde, sondern nur stellenweise und es fällt der äussere Theil der Rinde, ohne dass er sich wesentlich verändert, in Form von dünnen Schuppen ab: *Platanus.*

b) Es bilden sich, noch ehe die zuerst gebildeten Borkenschuppen abgefallen sind, neue Lagen von Periderma in den tieferen Theilen der Rinde. Die Borke des Baumes besteht daher aus vielen über einander liegenden Schuppen: *Quercus Robur, Tilia.*

c) In den wie bei nro. b. gebildeten Schuppen findet eine Wucherung des Parenchymes statt, wodurch dieselben ein mehr oder weniger korkartiges Aussehen erhalten, z. B. *Larix europaea, Pinus sylvestris.*

d) Das Periderma bildet regelmässige, den ganzen Stamm umgebende Schichten, durch welche die Rinde in bastähnliche Blätter getheilt wird: *Juniperus communis, Metosideros lophanthus.*

An die zuletzt genannten Pflanzen schliesst sich endlich die kleine Zahl derjenigen Holzpflanzen an, bei welchen in jedem Jahre, wie sich eine neue Bastschichte entwickelt, die Bastschichte des letzten Jahres abstirbt, vertrocknet und früher oder später abfällt, so dass also der lebende Theil der Rinde immer nur das Erzeugniss eines Jahres begreift. Dieser Vorgang findet sich bei der *Weinrebe,* bei *Lonicera Caprifolium* etc.

XV.

Sind die Lenticellen als Wurzelknospen zu betrachten?

(Aus der Flora. 1832. I.)

Gewiss hat jeder Botaniker die Abhandlung, worin DECANDOLLE seine Beobachtungen und Versuche über die Lenticellen und ihr Vermögen, unter günstigen Umständen Wurzeln zu treiben, mittheilte [1]), mit dem höchsten Interesse gelesen.

Da diese Abhandlung wohl den meisten meiner Leser bekannt sein wird, so will ich hier, ohne näher auf ihren Inhalt einzugehen, nur einige der Hauptpuncte von DECANDOLLE's Untersuchungen berühren.

Nach DECANDOLLE's Angabe kommen sowohl die Luftwurzeln von *Ficus* etc., als die an abgeschnittenen und in Wasser gestellten Zweigen von *Salix* etc. sich entwickelnden Wurzeln beständig aus den Lenticellen hervor. Es sind die Lenticellen desshalb als Wurzelknospen zu betrachten. Bei dieser Entwicklung der Lenticelle zur Wurzel wird dieselbe erhaben und zerreisst meist in vier Lappen; unter der Haut derselben liegt eine weisse Masse von rundlichen oder oblongen Zellen, welche ein amylumähnliches Aussehen haben. Die Wurzeln kommen unter dieser Masse hervor, stossen dieselbe ab, oder drücken sie auf die Seite. Wenn die Lenticellen eines Zweiges ausgeschnitten wurden, so bilden sich neue und aus diesen (welche Adventivknospen zu vergleichen sind) entwickeln sich die Wurzeln.

Es werden wohl wenige Naturforscher sein, welche nicht, nachdem sie DECANDOLLE's Abhandlung gelesen, an die Richtigkeit seiner Ansicht geglaubt haben; seine Darstellung ist so klar und nüchtern, seine Versuche sind so passend gewählt und scheinen mit solcher Genauigkeit ausgeführt, das Ergebniss der verschiedenen Versuche stimmt so genau überein, dass die Schlüsse, welche DECANDOLLE aus seinen Beobachtungen zog, nothwendigerweise als richtig anerkannt werden zu müssen scheinen. Es darf uns daher nicht wundern, wenn andere Gelehrte die von DECANDOLLE ausgesprochene Ansicht als bewiesene Thatsache in ihre Schriften aufgenommen haben. Ungeachtet es nun scheinen musste, dass DECANDOLLE vollkommen richtig beobachtet habe, so waren mir dennoch schon längst Zweifel aufgestiegen, ob denn auch in der That die Lenticellen als Wurzelknospen zu betrachten seien, da mir diese Ansicht weder mit vielen Erscheinungen,

1) Annales des scienc. natur. 1826. Tom. VII. p. 5. Prem. mém. sur les Lenticelles des arbres et le developpement des racines qui en sortent. DECANDOLLE citirt in seiner Organographie noch eine zweite Abhandlung über denselben Gegenstand, welche im Jahrgange 1827 desselben Journales sich befinden soll, ich fand dieselbe aber weder in diesem, noch in einem der folgenden Jahrgänge.

die wir bei der Wurzelbildung beobachten, noch mit dem Ergebnisse meiner anatomischen Untersuchungen der Lenticellen vereinbar schien. Um über die Sache in das Klare zu kommen, wiederholte ich in vergangenem Frühjahre die Versuche Decandolle's und ich glaube in diesen Beobachtungen die überzeugendsten Beweise davon gefunden zu haben, dass den Lenticellen die Function, Wurzeln zu entwickeln, nicht zukomme und nicht zukommen könne.

Ich stellte in der Mitte des Februar eine Anzahl 1—2jähriger Zweige von *Salix viminalis* [1]) in Wasser und setzte die Gläser in ein beständig geheiztes Zimmer. Nach 12—14 Tagen waren an ihren Lenticellen völlig dieselben Veränderungen vor sich gegangen, welche Decandolle beschrieb; es waren dieselben nämlich etwas angeschwollen, ihre braune Haut war zerrissen und durch die Spalten sah eine Masse locker zusammenhängender, weisser Zellen hervor. Mit der Zeit vergrösserte sich diese Masse von weissen Zellen immer mehr, drang, in unregelmässige Lappen getheilt, über die Oberfläche hervor und schlug die aus der zerrissenen braunen Haut der Lenticelle gebildeten Lappen rückwärts um.

So weit stimmen also Decandolle's und meine Beobachtungen völlig überein; was jedoch die Hauptsache, nämlich die Entwicklung von Würzelchen in diesen Lenticellen betrifft, so erhielt ich in Beziehung auf diesen Punct ein völlig verschiedenes Resultat. Aus keiner von den (auf die angegebene Weise veränderten) Lenticellen brach nämlich ein Würzelchen hervor, wohl aber fanden sich unregelmässig über die ganze Fläche des in das Wasser eingetauchten Theiles und zum Theil auch an dem oberhalb der Wasserfläche befindlichen Theile der Weidenzweige kleine, etwas nach der Längenrichtung der Zweige gestreckte Höckerchen; auf denselben war, so lange sie noch klein waren, die Epidermis unverletzt; über den grösseren derselben zeigte sich hingegen eine der Länge nach verlaufende, kurze und schmale Spalte, durch welche man das grüne, unter der Epidermis liegende Parenchym sah. In der Mitte dieser Spalte sah man durch dieses Parenchym die Spitze eines Würzelchens vordringen, welches sich nun rasch entwickelte.

Um die Zeit des 14ten Tages konnte man diese kleinen Höckerchen in allen Entwicklungsstufen treffen; einige ragten kaum erst über die Oberfläche des Stammes hervor, andere waren schon weiter entwickelt und zeigten auf ihrer Spitze die Längenspalte; aus anderen endlich war das Würzelchen bereits mehr oder minder hervorgetreten. Die Rinde liess sich leicht glatt vom Holze ablösen. Hiebei zeigte sich nun, dass dieselbe jedem Höckerchen entsprechend eine kleine Oeffnung, von der Grösse eines Nadelstiches, hatte, welche Oeffnung mit einer gallertartigen durchscheinenden Masse (dem jungen, von seinem Insertionspuncte auf dem Holze abgerissenen Würzelchen) ausgefüllt war. In vielen dieser Höckerchen lagen 2—3 solcher Würzelchen in einer Längenreihe übereinander. Unter den Lenticellen war dagegen die Rinde so vollständig und unverändert, als an jeder andern, nicht mit Würzelchen besetzten Stelle. Auf dem Holze zeigte sich unter jedem, ein Würzelchen enthaltenden Höckerchen eine kleine, der Länge nach verlaufende Erhabenheit, welche durch eine etwas weissere Farbe sich von dem übrigen Holze unterschied. Auf dem höchsten Puncte dieser Erhabenheit sass das Würzelchen fest. Nie zeigte sich unter einer Lenticelle eine solche Erhabenheit auf dem Holze.

1) Ich wählte diese Art, da die Lenticellen bei dieser Species besonders stark entwickelt sind.

Die mikroskopische Untersuchung zeigte einen nicht weniger bedeutenden Unterschied zwischen den Lenticellen und den, die Würzelchen einschliessenden Höckerchen. Unter den Lenticellen hatte sowohl der innere, die Bastbündel enthaltende Theil der Rinde, als auch die innerste Schichte der äussern (parenchymatosen) Rindenlage völlig dieselbe Structur, wie an den übrigen Stellen und nur die äusserste Schichte des grünen, parenchymatosen Theiles der Rinde zeigte darin einen Unterschied, dass das grüne Parenchym der Rinde eine kleine Vertiefung zeigte, in welcher die Lenticelle lag. An dieser Stelle hatten die äussersten Zellenlagen des Rindenparenchymes eine auf die Wandungen dieser Vertiefung senkrechte Lage, während sie an den übrigen Stellen in paralleler Richtung mit der Epidermis in die Breite gezogen sind. Die Lenticelle selbst besteht aus einer Anhäufung von weissen rundlichen oder verlängerten Zellen, welche ebenfalls in senkrecht auf die Rinde gestellte Linien geordnet sind. Der obere Theil dieser Zellenmasse ist vertrocknet und bildet die braune Haut der Lenticelle.

Untersuchte ich hingegen diejenigen Stellen, wo ein kleines Höckerchen lag, welches von der Wurzel noch nicht durchbrochen war, so fand ich beständig, dass sich bereits auf der Oberfläche des Holzes die beschriebene Erhabenheit gebildet hatte. Diese rührte nur zum Theile von einer neuen Production auf der Oberfläche des Holzkörpers her, denn es hatten sich an dieser Stelle alle Schichten des Holzkörpers nach aussen gebogen, so dass die kreisförmige, die Jahresringe trennende Linie an dieser Stelle ebenfalls einen Vorsprung nach aussen zeigte. Dass alle Schichten des Holzes Theil an dieser Erhabenheit hatten, zeigte sich dadurch deutlich, dass immer an dieser Stelle eine kleine Erhabenheit zum Vorschein kam, wenn ich eine Schichte des Holzkörpers nach der andern der Länge nach abzog, nachdem ich dieselben vorher durch einen oberhalb des Höckerchens angebrachten, mit der Rinde parallel geführten Schnitt eine Strecke weit losgetrennt hatte.

Das Würzelchen lag unter der Form eines stumpf conischen durchscheinenden Körpers in dem innern Theile der Rinde; es hatte die Bastbündel auf die Seite gedrängt und die äussersten Rindenschichten zu dem Höckerchen erhoben; diese äusseren Rindenschichten zeigten auch nicht die entfernteste Aehnlichkeit mit dem Baue einer Lenticelle, sondern stimmten mit dem äussern Theile der übrigen Rinde völlig überein.

Das Würzelchen selbst bestand aus sehr dünnwandigen Zellen; in seiner Mitte lag ein Strang von sehr engen und etwas lang gestreckten Zellen; ebenso waren die Zellen, welche die stumpf conische Spitze bildeten, sehr enge. Zwischen diesen beiden Substanzen lag eine Masse von grösseren Zellen, welche mit den Zellen des inneren Theiles der Rinde zusammenhiengen, sich aber von ihnen durch ihre zarten Wandungen und durch ihre Durchsichtigkeit unterschieden. Die stumpfe Spitze des Würzelchens war mit der Rinde nicht in organischer Verbindung. Gefässe fanden sich noch keine in den Würzelchen, so lange diese noch kleine, in der Rinde eingeschlossene Höckerchen bildeten.

Wenn die Würzelchen etwas grösser waren, so zerriss die Rinde oberhalb derselben, wodurch die grünen Parenchymzellen der Rinde und die Spitze des Würzelchens blos gelegt wurden. Von den Lenticellen liessen sich diese Oeffnungen auf den ersten Blick dadurch unterscheiden, dass 1) die Ränder des Risses nicht braun, sondern grün gefärbt waren, 2) dass der Riss immer eine schmale Längenspalte bildete, 3) dass

das unterliegende grüne Parenchym nicht in eine weisse Zellenmasse ausgewachsen war, sondern völlig denselben Bau wie der übrige parenchymatose Theil der Rinde zeigte.

Beinahe noch deutlicher war dieser Unterschied zwischen den Lenticellen und den Stellen, an welchen sich die Würzelchen entwickelt hatten, in der Mitte und am Ende des Monats März ausgesprochen. Es hatten in dieser Zeit die Würzelchen eine Länge von 2—4 Zollen erreicht und Seitenästchen getrieben. Die Lenticellen hatten sich ebenfalls vergrössert, indem die weisse Zellenmasse stark luxurirt hatte und einen mehr oder minder grossen, oft eine Linie im Durchmesser haltenden Wulst bildete. Würzelchen kamen nicht aus denselben hervor; löste ich die Rinde ab, so war das Holz unter den Lenticellen ebenso vollkommen eben und glatt, als früher. Nur in 2—3 Fällen sah ich aus einer Lenticelle ein Würzelchen hervorkommen; dieses wird aber wohl Niemand als einen Beweis betrachten, dass dieselben Wurzelknospen seien; es wäre vielmehr merkwürdiger gewesen, wenn unter den Hunderten von Würzelchen, welche meine Weidenzweige getrieben hatten, gar keines an einer solchen Stelle entstanden wäre, über welcher eine Lenticelle lag.

Es zeigte sich nun aber eine Erscheinung, welche es einigermassen erklärlich macht, wie Decandolle sich in Beziehung auf die Stelle, durch welche die Würzelchen hervorbrechen, so sehr täuschen konnte. Es fingen nämlich jetzt die grünen unter der Epidermis liegenden Parenchymzellen, welche dadurch, dass die Würzelchen bei ihrem Hervortreten die Epidermis eine kleine Strecke weit zerrissen hatten, blos gelegt waren, an, auf eine ähnliche, jedoch weit schwächere Weise zu luxuriren und in eine spongiose, weissliche Masse auszuwachsen, wie die weissen Zellen der Lenticellen. Dieses geschah aber nicht nur an den Stellen, durch welche Würzelchen hervorgetreten waren, sondern an allen, wo die Epidermis zerrissen war; so hatten z. B. manche der jungen Zweige, welche sich in dieser Zeit entwickelt hatten, durch das Anschwellen ihrer Basis ebenfalls in der zunächst gelegenen Epidermis des Zweiges kleine Einrisse verursacht, in welchen gleichfalls das grüne Parenchym luxurirte.

Das Gesagte wird, wie ich hoffe, hinreichen, um zu beweisen, dass die Lenticellen mit der Entwicklung von Wurzeln nichts zu thun haben. Die Antwort auf die Frage, was sie denn seien, muss ich auf eine andere Gelegenheit verschieben, da ich, um ihre Organisation zu erklären, nöthig habe, einige andere anatomische Verhältnisse der Rinde zu beschreiben, welche bisher noch nicht gehörig untersucht wurden und deren Auseinandersetzung mich hier zu weit führen würde. Es werden dieselben den Gegenstand einer kleinen Abhandlung bilden, welche ich, sobald mir die Umstände die dazu nöthige Zeit gewähren werden, dem Publicum vorzulegen im Sinne habe.

XVI.

Untersuchungen über die Lenticellen.

(Dissertation vom Jahr 1836.)

Mit dem Ausdrucke der *Lenticellen, linsenförmigen Drüsen, Linsen, Rindenhöckerchen (lenticellae, glandulae lenticulares)* bezeichnet man kleine, durch abweichende Färbung oder durch warzenförmige Erhöhung ausgezeichnete Stellen, welche auf der Rinde der meisten dicotylen Sträucher und Bäume unregelmässig zerstreut liegen.

Die Lenticellen sind bereits am einjährigen Aste, so lange seine Rinde noch grün und mit unverletzter Epidermis überzogen ist, sichtbar. Sie erscheinen zuerst als rundliche oder meistens als längliche Flecken von einer von der übrigen Rinde etwas abweichenden Färbung. Später, theils gegen das Ende des ersten, theils erst in den folgenden Jahren, reisst die Oberhaut über der Lenticelle der Länge nach auf, und es verwandelt sich nun dieselbe in eine mehr oder weniger vorstehende Warze, welche häufig durch eine mittlere Furche in zwei lippenförmige Wülste getheilt ist. Die Oberfläche dieser Warze ist meistens braun gefärbt, ihre Substanz ist bis auf eine gewisse Tiefe trocken, brüchig, korkartig. Mit dem weitern Wachsthume des Zweiges in die Dicke werden die Lenticellen in die Breite ausgedehnt und stellen nun querliegende Streifen dar, während sie im ersten Jahre rundlich oder in paralleler Richtung mit der Achse des Zweiges in die Länge gestreckt waren. An alten Stämmen endlich, wenn sich auf der Rinde Kork oder Borke bildet, nimmt entweder das Aufreissen der Rinde in den Lenticellen seinen Anfang und sie werden auf der nun rissigen Rinde unkenntlich, z. B. bei der *Silberpappel,* dem *Apfelbaume,* der *Birke,* oder es fallen, wenn die äussern Theile der Rinde unter der Form von glatten Schuppen abgeworfen werden, die Lenticellen mit diesen Schuppen ab, und es ist von ihnen ferner keine Spur mehr aufzufinden, z. B. bei der Platane.

Wenn die Rinde eines Baumes in solcher Richtung der Quere oder Länge nach durchschnitten wird, dass eine Lenticelle in ihrer Mitte getheilt wird, so erkennt man schon mit blossem Auge oder mit Hülfe der Loupe, dass die Lenticelle im äussersten Theile der Rinde liegt und dass sie mit dem Baste und dem Holze der Pflanze durchaus in keiner Verbindung steht. Noch deutlicher erhellt dieses aus der mikroskopischen Untersuchung derselben.

Das allgemeine Ergebniss der letzteren ist, dass die Lenticelle zwischen der Epidermis des Zweiges und dem grünen Rindenparenchyme liegt, aus grünlichen oder ungefärbten (zuweilen auch abweichend gefärbten, z. B. bei *Berberis* gelben, bei *Sambucus nigra* röthlichen) Zellen besteht, welche in senkrecht auf die Achse des Zweiges gerichteten Reihen liegen, meistens kleiner als die Zellen des grünen Rindenparenchyms sind, nach innen mit dem grünen Rindenparenchym zusammenfliessen, nach aussen, wo sie durch Zerreissung der Epidermis dem Einfluss der Luft ausgesetzt werden, vertrocknen und eine bräunliche, korkähnliche Masse bilden.

Dieser Bau ist im wesentlichen bei den Lenticellen der verschiedenen Bäume derselbe; es zeigen sich jedoch einige Modificationen desselben, indem gerade der äussere Theil der Rinde vielfachen Abänderungen des Baues unterworfen ist, an welchen die in ihm eingelagerten Lenticellen einigen Antheil nehmen.

Die einfachste Form der Lenticellen trifft man bei solchen Pflanzen, bei welchen sich an den jüngern Stämmen zwischen der Epidermis und dem Rindenparenchyme keine Mittelbildung (Kork oder Periderma) findet z. B. bei *Cornus alba*. Bei dieser Pflanze kann man, wie beinahe bei allen unsern Sträuchern und Bäumen an dem Rindenparenchyme zwei Schichten unterscheiden, die jedoch nicht scharf von einander getrennt sind, sondern in einander allmählig übergehen. In der äussern Schichte sind die Zellen mit etwas dickeren Wandungen versehen und sind durch Intercellularsubstanz enge unter einander verbunden [1]), in der inneren Schichte ist der Zusammenhang der Zellen unter einander weit lockerer, und es liegen grosse Intercellulargänge und unregelmässige Lücken zwischen denselben. Ich werde diese Schichten im Folgenden mit dem Ausdrucke des *innern und des äussern Rindenparenchymes* bezeichnen.

An derjenigen Stelle, an welcher eine Lenticelle liegt, fehlt das äussere Rindenparenchym und diese Lücke ist vom Gewebe der Lenticelle ausgefüllt. Dieses wird von einer Fortsetzung des innern Rindenparenchymes gebildet, besteht aus einer grossen Menge senkrecht auf die Achse des Astes gestellter Reihen von kleinen Parenchymzellen, die nach innen allmählig in die Zellen des innern Rindenparenchymes übergehen, nach aussen auf eine ähnliche Weise in eine schwammartige, bald vertrocknende Masse auswuchern, wie es bei der unter der Epidermis liegenden Korkschichte vieler Pflanzen z. B. *Acer campestre, Quercus Suber* etc. der Fall ist.

Derselbe Bau, allein in manchen Fällen etwas schwieriger zu erkennen, findet sich bei den Lenticellen solcher Holzgewächse, bei welchen zwischen dem grünen Rindenparenchyme und der Epidermis entweder eine weiche parenchymatose Korklage oder ein aus dickwandigen tafelförmigen Zellen gebildetes Periderma liegt. In diesen Fällen liegt die Lenticelle, wie bei *Cornus*, in einer Aushöhlung des äussern Rindenparenchyms und ist ebenfalls von reihenförmig geordneten kleinen, ungefärbten oder hellgrünen parenchymatosen Zellen gebildet, die vom innern Rindenparenchyme ausgehen. Nach aussen grenzt aber ihre Oberfläche nicht unmittelbar an die Epidermis, sondern es fliesst ihre äussere Schichte an den Seiten mit der Korkschichte der

1) Dass bei *Cornus alba* das äussere Rindenparenchym eine rothe Farbe hat, ist ein ganz gleichgültiger Umstand, welcher nicht als Unterscheidungs-Kennzeichen benützt werden kann.

Rinde (z. B. bei *Sambucus nigra, Berberis vulgaris, Erythrina Corallodendron*), oder mit dem Periderma zusammen (z. B. bei *Aesculus Pavia, Corylus Avellana, Prunus Padus, spinosa, Populus dilatata, alba, Gleditschia triacantha, Crataegus Oxyacantha, Pyrus Malus, Betula alba*).

Bei diesen Pflanzen geht nun ebenfalls, wie bei *Cornus*, das Zellgewebe der Lenticelle nach aussen in eine korkartige Wucherung über, welche auf ihrer Oberfläche vertrocknet und so die bekannte warzenförmige Erhöhung der Lenticelle bildet, zugleich aber nimmt auch die Korksubstanz oder das Periderma der Rinde an dieser Bildung Antheil. Es erleidet nämlich an den Seiten der Lenticelle die Korksubstanz der Rinde eine Auflockerung und wächst in eine kleine Wucherung aus, welche mit der Korksubstanz der Lenticelle zusammenfliesst, so dass eine scharfe Grenze zwischen beiden meistens nicht angegeben werden kann und die warzenförmige Erhöhung der Lenticelle an den Rändern von Zellen der Korksubstanz, in der Mitte von der Korkmasse der Lenticelle gebildet wird. Auf ähnliche Weise trägt auch das Periderma zur Bildung der warzenförmigen Erhabenheit der Lenticelle bei. Es treten nämlich an den Rändern der Lenticelle die Blätter des Periderma aus einander und es erzeugt sich zwischen denselben eine parenchymatose Korkmasse, welche mit dem luxurirenden Zellgewebe der Lenticelle sich verbindet. Dieser Auflockerung und Wucherung des Periderma sind die beiden wulstartigen Lippen, welche bei den Lenticellen vieler Pflanzen z. B. *Prunus virginica, spinosa* so ausgezeichnet sind, zuzuschreiben.

Dem Gesagten zu Folge haben wir an den Lenticellen zwei Schichten zu unterscheiden, eine innere, lebendige, welche aus grünen oder ungefärbten Parenchymzellen besteht, die in senkrechte Reihen geordnet sind, nach aussen immerwährend neue Zellen erzeugen, welche später absterben und die äussere, korkähnliche, vertrocknete Schichte bilden.

In diesen Verhältnissen giebt sich eine grosse Aehnlichkeit der Lenticellen mit der gewöhnlichen Korkbildung zu erkennen, indem die auf die Achse des Zweigs senkrechte Stellung der Zellenreihen, ihr Mangel oder doch ihre Armuth an Chlorophyllkörnern, die fortdauernde Production von neuen Zellenschichten auf der Grenze zwischen den äussern vertrockneten und den innern lebenden Zellen lauter Umstände sind, welche beiden Bildungen in gleichem Maasse zukommen. Die Verschiedenheit zwischen beiden liegt nur darin, dass der wahre Kork zwischen der Epidermis und dem äussern Rindenparenchyme, der Kork der Lenticelle dagegen auf der äussern Seite einer durch das äussere Rindenparenchym hervortretenden Verlängerung des innern Rindenparenchymes gebildet wird. Eine fernere Bestätigung dieser Verwandtschaft der Lenticellen mit dem Korke liegt in dem Umstande, dass bei den mit einer wahren Korkbildung oder mit einem Periderma versehenen Pflanzen der äussere Theil der Lenticelle mit dem Korke der umgebenden Rinde zusammenfliesst und beide gemeinschaftlich die warzenförmige Erhöhung der Lenticelle bilden. Eine weitere Analogie zwischen dem Korke und der Wucherung des Zellgewebes auf der äussern Seite der Lenticelle ergiebt sich aus den nähern Umständen ihrer Entwicklung. Das unter der Epidermis liegende Zellgewebe, welches die Bestimmung hat, zum Korke auszuwachsen, verharrt in der Form einer dünnen Schichte, so lange die Epidermis noch geschlossen ist; wenn die letztere dagegen einreisst, so tritt sogleich unter diesem Risse und zu seinen Seiten eine Wucherung dieses Zellgewebes und Ausbildung desselben zu einer dicken

Korklage ein. Auf ähnliche Weise verhält es sich nun auch bei den Lenticellen. So lange die Epidermis über denselben noch geschlossen ist, sind dieselben klein, in das äussere Rindenparenchym eingesenkt, und es besitzen die Zellenreihen, aus denen sie bestehen, eine von der Oberfläche der Rinde gegen das Holz hin strahlig aus einander laufende Richtung; wie dagegen die Epidermis einreisst, so drängt sich die Lenticelle hervor, ihre Zellenreihen nehmen dadurch eine parallele Lage an und ihr äusserer Theil wächst nun in die bald vertrocknende, korkähnliche Wucherung aus. Wird ein mit ausgebildeten Lenticellen versehener Zweig, z. B. ein Weidenzweig in Wasser gestellt, dadurch das Austrocknen der neuerzeugten Zellen verhindert und ihr Wachsthum erleichtert, so vermehrt sich die korkähnliche Masse bedeutend über ihre gewöhnliche Grösse und es wächst die Oberfläche der Lenticelle in eine weisse, schwammartige Masse aus. Dasselbe geschieht auch häufig an den übrigen Stellen der Rinde bei dem unter der Epidermis liegenden Zellgewebe, wenn dieses durch einen Riss der Epidermis blosgelegt und der Einwirkung des Wassers ausgesetzt ist.

Alle diese Umstände sprechen dafür, dass die Bildung der Lenticellen mit der Erzeugung des Korkes in Parallele zu stellen ist, *dass die Lenticelle eine partielle Korkbildung ist*, welche nicht, wie der ächte Kork, von der Oberfläche des äussern Rindenparenchymes ausgeht, sondern einer Wucherung des innern Rindenparenchymes ihr Dasein verdankt.

Die Erzeugung neuer Zellen auf der äussern Fläche der Lenticellen und das Vertrocknen derselben dauert eine Reihe von Jahren fort, bis je nach der Beschaffenheit der Rinde die äussern Rindenschichten früher oder später solche Veränderungen erleiden, welche ein Absterben derselben zur Folge haben und damit auch das weitere Wachsthum der Lenticelle aufheben.

Bei solchen Bäumen, bei denen das Periderma sich eine Reihe von Jahren immer mehr und mehr durch Anlagerung neuer Blätter auf seiner innern Seite verdickt und sich dabei glatt erhält, und bei welchen, wie oben angeführt, das Periderma und der innere grüne Theil der Lenticelle gemeinschaftlich die vertrocknende Korksubstanz der Lenticelle bilden, bei diesen Pflanzen verliert allmählig das Zellgewebe, welches sich auf der Oberfläche der Lenticelle bildet, die parenchymatose Beschaffenheit der Korkzellen und nimmt mehr und mehr die Beschaffenheit des Periderma an, bis es mit den jüngeren, inneren Schichten des Rindenperiderma zusammenfliesst und mit ihnen eine gleichförmige, zusammenhängende Lage darstellt. Auf diese Weise wird der innere, lebende, parenchymatose Theil der Lenticelle von ihrem äusseren, korkähnlichen, vertrocknenden Theile durch das Periderma geschieden; das weitere Wachsthum der Lenticelle ist damit aufgehoben und man findet dieselbe später nur noch als den todten Ueberrest einer früheren Bildung auf dem nun gleichförmig die Rinde bekleidenden Periderma aufsitzen, z. B. bei *Ilex Aquifolium, Corylus Avellana*. Am deutlichsten ist diese Veränderung der Lenticellen unter den einheimischen Bäumen bei *Betula alba* zu beobachten. Wenn sich bei diesem Baume die Schichten des Periderma allmählig in grosser Menge ausgebildet haben und die bekannte, sich abblätternde, weisse Rindenschichte bilden, so sind zwar noch die Lenticellen unter der Form von bräunlichen Querstreifen sichtbar, die anatomische Untersuchung derselben zeigt jedoch, dass die braunen Querstreifen nicht mehr die wahren Lenticellen sind, sondern dass die Blätter des Periderma sich ohne Unterbrechung über die Stellen, an welchen früher die Lenti-

cellen sassen, fortsetzen und an diesen Stellen nur eine etwas abweichende Beschaffenheit besitzen. Die braune Färbung und die wulstförmige Anschwellung dieser Stellen ist nämlich darin begründet, dass an denselben zwischen den Blättern des Periderma die dünnen Lagen von Korkzellen eine kleine Wucherung und eine bräunliche Färbung besitzen, also bereits einen Uebergang zu der später auf der Oberfläche der ganzen Rinde eintretenden Korkbildung zeigen. Diese Korkbildung schreitet auch wenige Jahre später, wenn das Periderma in Folge der weiteren Ausdehnung der Rinde Längenrisse bekommt, von diesen lenticellenähnlichen Stellen zur übrigen Rinde fort, indem meistens das Einreissen des Periderma an den Lenticellen beginnt und sogleich eine stärkere Wucherung der Korkzellen zur Folge hat.

Auf diese Weise sehen wir also bei denjenigen Bäumen, bei welchen sich ein Periderma und eine Korklage bildet, die Lenticellen dadurch zu Grunde gehen, dass sich über dem innern lebenden Theile der Lenticellen das Periderma und der Kork einschiebt und so den äusseren warzenförmigen Theil der Lenticelle von seiner ihn erzeugenden Basis lostrennt und als abgestorbenes Residuum einer frühern Bildung nach aussen abstösst; anders verhält es sich dagegen bei denjenigen Bäumen, bei welchen sich eine Borke bildet. Bei diesen Bäumen entstehen nämlich, wenn sie ein gewisses Alter erreicht haben, die neu sich bildenden Schichten des Periderma nicht mehr zwischen der Oberfläche des grünen Rindenparenchymes und den älteren Schichten des Periderma, sondern sie entwickeln sich im Innern des parenchymatosen Theiles der Rinde und in der Bastschichte derselben. Durch diese im Innern der Rinde gebildeten peridermatischen Schichten werden nun die äusseren Rindenschichten von dem innern lebenden Theile der Rinde abgesondert, vertrocknen und fallen früher oder später unter der Form von Schuppen ab. Bei diesen Bäumen liegen daher die später gebildeten Schichten des Periderma nicht zwischen dem grünen, inneren Theile der Lenticellen und ihrer äussern, vertrocknenden Korklage, sondern unterhalb des grünen Rindenparenchymes, von welchem die ganze Lenticelle herstammt; es werden daher mit den Borkenschuppen zugleich auch die Lenticellen von den tieferen Rindenschichten abgesondert und abgeworfen, z. B. bei *Platanus occidentalis, Salix alba, babylonica, Pyrus Malus, Crataegus Oxyacantha* etc.

In Beziehung auf diese mit einer Borke versehenen Bäume kommen zwei Modificationen vor. Entweder ist die Bildung des Periderma, das Aufreissen und die Abblätterung der Rinde ganz unabhängig von den Lenticellen, indem sich das Periderma in grossen Platten im Innern der Rinde weit tiefer, als die Lenticellen liegen, entwickelt und daher grosse Portionen der äussern Rinde, auf welchen viele Lenticellen sitzen und welche unter der Form von grossen Schuppen abfallen, zum Absterben bringt, z. B. bei *Platanus*. Oder es nimmt die Bildung eines Periderma im Innern der Rinde nicht sogleich im ganzen Umfange des Stammes ihren Anfang, sondern ist ursprünglich auf kleine Stellen eingeschränkt und beginnt in der nächsten Umgebung derjenigen Stellen, an welchen zuerst die Rinde einreisst. Diese Stellen sind nun bei vielen Bäumen die Lenticellen, z. B. bei *Crataegus, Pyrus, Salix, Populus*. Bei diesen Bäumen reisst, wenn der Stamm einen gewissen Umfang erreicht, die Rinde gewöhnlich zuerst in den Lenticellen der Länge nach ein, und man findet nun unter den Lenticellen und in ihrer nächsten Umgebung kleine Schichten von Periderma, welche den Theil der Rinde, in welchem die Lenticelle liegt, in Borke verwandeln; erst später schreitet von

diesen Stellen aus die Borkenbildung zu dem übrigen Theile der Rinde weiter. Dieser Vorgang ist bei *Populus alba* besonders deutlich.

Im Widerspruche mit der oben ausgesprochenen Ansicht, dass die Lenticellen eine partielle Korkbildung seien, steht die Ansicht von DECANDOLLE [1]), nach welcher die Lenticellen als *Wurzelknospen* zu betrachten sind. DECANDOLLE gründete diese Ansicht auf Versuche mit Weidenzweigen, welche er in Wasser setzte und Adventivwurzeln treiben liess. Er glaubte hiebei zu finden, dass die Wurzeln immer aus den Lenticellen hervorkommen und dass, wenn die Lenticellen bis auf das Holz ausgeschnitten würden, sich Adventivlenticellen bilden, aus welchen alsdann die Wurzeln hervorbrechen. Diese Ansicht steht aber, wie ich schon an einem andern Orte [2]) auseinandersetzte, nicht nur mit dem Ergebnisse der anatomischen Untersuchung, sondern auch mit den Erscheinungen, die man bei der Entwicklung von Adventivwurzeln beobachtet, im Widerspruche.

Was den ersteren Punkt betrifft, so ist nämlich aus der oben gegebenen Beschreibung der Lenticellen deutlich, dass dieselben nur in den äussersten Schichten der Rinde ihren Sitz haben, dagegen zu den innern Rindenschichten, in welchen die Bastbündel liegen, und zu dem Holzkörper durchaus keine Beziehung haben. Nun ist aber hinreichend bekannt, dass, wo irgend bei dicotylen Gewächsen am Stamme oder an den Zweigen sich Adventivwurzeln bilden, dieselben immer unter der Form eines Knötchens entstehen, welches aus einem sehr zarten, durchsichtigen Zellgewebe besteht und auf der Grenze zwischen dem Holze und dem Baste entsteht. Während dieses Knötchen zu einer conischen Verlängerung auswächst, erzeugt sich in ihm ein Kreis von Gefässbündeln, durch welche sein Zellgewebe in Rinde und Mark geschieden wird. Die neugebildeten Gefässe legen sich an der Basis des Knötchens an die Gefässbündel des Holzcylinders, auf welchem das Knötchen aufsitzt, an, wodurch ein organischer Zusammenhang zwischen dem Holze der neuen Wurzel und dem Holze des Stammes gebildet wird. Die Rinde des neugebildeten Wurzelknötchens ist an der Basis desselben mit der innern Rindenschichte des Stammes verwachsen, an der Spitze dagegen ist das Knötchen mit der Rinde des Stammes nicht in organischem Zusammenhange. Wenn sich nun allmählig das Knötchen zum Würzelchen verlängert, so drängt es das Zellgewebe der Rinde vor sich her und erhebt die Rinde in einen kleinen Hügel, welcher endlich an seiner Spitze einreisst und das Würzelchen hervortreten lässt, worauf die äussern durchbrochenen Rindenschichten gleichsam eine Coleorhiza um das Würzelchen bilden.

Was den zweiten Punct, das Hervorbrechen der Adventivwurzeln an bestimmten Stellen betrifft, so ist zwar zur Erzeugung von Adventivwurzeln nicht jede Stelle des Stammes gleich gut geeignet, es hängt aber ihre Bildung nicht von einer besondern Beschaffenheit der äussern Rindenschichten ab, sondern sie steht im Zusammenhange mit der Beschaffenheit des Holzkörpers. Man wird nämlich bei aufmerksamer Untersuchung der Adventivwurzeln finden, dass sie sich vorzugsweise an solchen Stellen entwickeln, an welchen ein Markstrahl in die Rinde übertritt; besonders deutlich ist dieses an manchen krautartigen Gewächsen,

1) Annal. d. scienc. natur. T. VII. p. 5.

2) Flora. 1832. I. p. 65 (siehe oben pag. 229).

z. B. *Impatiens Noli tangere* zu beobachten. Hierin scheint mir auch ein Grund von der Erscheinung zu liegen, dass bei vielen Gewächsen die Adventivwurzeln sich weit leichter an den Knoten, als an den Internodien bilden; theilweise mag dieses allerdings in einer an den Knoten stattfindenden Hemmung des absteigenden Saftes begründet sein, grossentheils mag aber auch der Umstand Schuld sein, dass durch das Uebertreten der Gefässbündel in die Blätter an den Knoten Lücken im Holzkörper entstehen, die mit Zellgewebe ausgefüllt sind und grosse Markstrahlen darstellen.

In vollkommener Uebereinstimmung mit dem Umstande, dass die Lenticellen in den äussern Rindenschichten liegen, die Adventivwurzeln dagegen zwischen Rinde und Holz entstehen, und die Stelle, an welcher dieselben sich bilden, von dem Baue des Holzes abhängt, ist das Ergebniss der von mir am angeführten Orte beschriebenen Beobachtungen an Weidenzweigen (welche sich bei kürzlich wiederholten Beobachtungen an Weiden- und Pappel-Zweigen vollkommen bestätigten), aus denen hervorgieng, dass die Adventivwurzeln nicht aus den Lenticellen, sondern an allen Theilen der Zweige hervorbrachen und dass nur eine und die andere Wurzel zufälligerweise an einer Stelle, über welcher eine Lenticelle lag, hervorkam, dass folglich die Lenticellen an der Wurzelbildung durchaus keinen Antheil nahmen [1]).

Eine weitere Bestätigung dafür, dass die Lenticellen mit der Erzeugung von Adventivwurzeln nichts zu thun haben, liegt in dem Umstande, dass die Lenticellen, wenn sie auch bei den meisten Bäumen und Sträuchern vorkommen, dennoch weit entfernt sind, eine allgemein verbreitete Bildung zu sein, insoferne sie nicht nur vielen Bäumen, z. B. so weit meine Beobachtungen reichen, allen *Coniferen*, sondern auch allen fleischigen Stengeln, den Kräutern, den Stämmen der Monocotylen und Cryptogamen fehlen und dennoch unter diesen Gewächsen eine grosse Menge vorkommen, welche von selbst regelmässig viele Luftwurzeln treiben. In dieser Beziehung mag es genügen, nur an einige der auffallendsten Beispiele zu erinnern, z. B. an Cactus, Sempervivum, an die Stämme der Baumfarne, an welchen gewiss Niemand eine Spur von Lenticellen auffinden wird.

Eine ähnliche Erzeugung von Adventivwurzeln, wie am Stamme, kommt zuweilen an den Blättern, so lange sie noch an der Pflanze befestigt sind, von selbst vor und kann künstlich bei den meisten, besonders fleischigen Blättern hervorgebracht werden, wenn sie vom Stamme getrennt und unter Umstände, welche der Wurzelbildung günstig sind, versetzt werden, und dennoch fehlen den Blättern die Lenticellen durchaus.

Wir sehen also auf der einen Seite, dass, wo Lenticellen vorhanden sind, dieselben an der Bildung von Adventivwurzeln keinen Antheil nehmen, auf der andern Seite, dass Adventivwurzeln sehr häufig an solchen Pflanzen und Pflanzentheilen entstehen, welchen jede Spur von Lenticellen fehlt, wir sind daher doppelt berechtigt, den Lenticellen die Eigenschaft, dass sie Wurzelknospen seien, durchaus abzusprechen.

Wenn die Adventivwurzeln aus Knospen entspringen und diese Knospen unter der Gestalt der Lenticellen erscheinen würden, so wäre zu erwarten, dass man solche Knospen vorzugsweise an den Wurzeln

1) Nach der Angabe von Treviranus (Phys. d. Gew. I. 363) ist auch Du Petit-Thouars zu demselben Resultate gelangt; leider kann ich die Abhandlung, in welcher er dieses ausspricht, nicht nachsehen.

selbst finden würde, denn die Wurzelzasern entspringen aus den Wurzelzweigen auf dieselbe Weise, auf welche aus dem Stamme die Adventivwurzeln entspringen. Allein vergeblich wird man sich an den jüngern Wurzeln (sowohl an den Luftwurzeln als an den Verzweigungen des absteigenden Stammes), aus welchen die Seitenwurzeln hervorbrechen, Lenticellen suchen. Aus dem Umstande, dass die Wurzelzasern, wie die Adventivwurzeln des Stammes, an den Verbindungsstellen der Markstrahlen mit der Rinde entspringen, erklärt sich auch, warum dieselben so häufig in Längenreihen (besonders in 4 Reihen) stehen; umsonst sieht man sich dagegen in den äussern Rindenschichten nach einer Ursache dieser bestimmten Stellung der Wurzelzasern um.

Nachdem im Bisherigen die Unhaltbarkeit der von DECANDOLLE aufgestellten Ansicht gezeigt wurde, so gehe ich zu der Betrachtung der von ERNST MEYER über die Lenticellen geäusserten Ansichten über. E. MEYER stellt nämlich eine Parallele zwischen den verschiedenen Arten der Knospen (Augen) und der Lenticellen (Linsen) auf; wie er drei Arten von Knospen, *Hauptaugen, Beiaugen* und *zerstreute Augen* annimmt, so theilt er auch die Lenticellen in *Hauptlinsen, Beilinsen* und *zerstreute Linsen* [1]). Ueber die zerstreuten Linsen, welche mit den Adventivknospen von DU PETIT-THOUARS in Parallele gestellt werden, führt MEYER keine näheren Beobachtungen an, „denn diese“, sagt er, „wird man mir wohl gelten lassen.“ Dagegen werden von den Beilinsen (welche mit den von ROEPER *gemmae accessoriae* genannten Knospen in Parallele gestellt werden) und von den Hauptlinsen (welche mit den in den Blattachseln sitzenden Knospen verglichen werden) Beispiele sowohl aus der Reihe der Monocotylen als der Dicotylen angeführt, und zwar werden als solche diejenigen Wurzelzasern erklärt, welche an den Knoten der Stämme hervorbrechen. In diesen Fällen bildet sich an jedem Knoten entweder nur eine einzige Wurzel, wie z.B. bei *Vanilla aromatica* seitwärts neben dem Auge, bei *Bulbine fruticosa* dem Auge gegenüber, welche Wurzeln alsdann aus Hauptlinsen hervorkommen; oder es bildet sich ein ganzer Kranz (in andern Fällen auch nur ein Halbkreis) von Linsen am Knoten, von welchen die eine zu einer grösseren Wurzel auswächst, gewöhnlich dem Blatte gegenüber steht und die Hauptlinse ist, während die anderen zu kleineren Wurzeln auswachsen, oder auch unentwickelt bleiben, und Beilinsen sind, z. B. bei *Calla pertusa, Juncus lampocarpus,* bei vielen *Gräsern, Cyperaceen, Junceen, Aroideen.* Die Beilinsen dieser Monocotylen verhalten sich also zur Hauptlinse, wie die Beiaugen zum Hauptauge, nur mit dem Unterschiede, dass sie nie unter- oder überständig sind, sondern immer seitwärts von der Hauptlinse stehen.

Bei den Dicotylen kommen nach MEYER's Angabe ähnliche Verhältnisse vor; so finden sich nicht selten bei *Umbelliferen* und *Ranunculaceen* eine Hauptlinse dem Auge gegenüber und die Beilinsen nebenständig zum Halb- oder Vollkreise geordnet. Bei manchen scharfgliedrigen Dicotylen steht zur Seite jeden Auges, also an der Stelle von nebenständigen Beiaugen, je eine Linse, z. B. bei vielen *Crassulaceen,* und es scheinen die Hauptlinsen zu fehlen. Bei *Cotyledon orbicularis* zieht sich ein Kreis von Linsen um die Blattbasis herum.

1) Linnaea. T. VII. p. 447.

Es erkennt also E. Meyer nicht nur die Decandolle'sche Ansicht, dass die Lenticellen Wurzelknospen seien, vollkommen an, sondern er giebt ihr noch in so ferne eine weit grössere Ausdehnung, als er auch bei Monocotylen und bei krautartigen Gewächsen Lenticellen annimmt, und ausser den bisher allein mit dem Ausdrucke der Lenticellen bezeichneten Bildungen (seinen zerstreuten Linsen) auch regelmässig an bestimmten Stellen angelagerte Linsen findet.

Bei Beurtheilung dieser Angaben befinden wir uns in einem ganz anderen Falle, als bei Beurtheilung der Decandolle'schen Ansicht. Der letzteren liegt ein Beobachtungsfehler zu Grunde. Decandolle glaubte die Adventivwurzeln aus den Lenticellen hervorkommen zu sehen, weil er die Lenticellen nicht von denjenigen Stellen unterschied, an welchen die Rinde durch das Hervorbrechen der Würzelchen aufgerissen wurde und das Parenchym in Folge der Einwirkung des Wassers in eine luxurirende, schwammartige Masse auswuchs. Die Beobachtungen Meyer's sind dagegen vollkommen richtig, insoferne die Adventivwurzeln an den von ihm bezeichneten Stellen regelmässig hervorwachsen, und dieselben vor ihrem Hervorbrechen durch kleine Tuberceln angezeigt sind. Ich kann aber dennoch nicht umhin, auch seine Ansicht als unhaltbar zu bezeichnen, indem ich die Zusammenstellung dieser Tuberceln mit den Lenticellen für naturwidrig erklären muss.

Die Lenticelle der dicotylen Holzgewächse ist, wie oben gezeigt wurde, eine in der äussern Rindenlage sitzende, vom grünen Rindenparenchyme ausgehende Bildung, während die Ursprungsstelle der Adventivwurzeln weit tiefer, zwischen Rinde und Holz, gelegen ist. Zeigt es sich nun, dass in den von Meyer angeführten Beispielen die Tuberceln, aus welchen die Wurzeln hervorbrechen, den Bau der Lenticellen nicht besitzen und dass die Wurzeln, wie bei den Dicotylen, in der Tiefe des Stammes sich bilden, ohne dass auf der Oberfläche der Rinde eine Andeutung davon zu sehen ist, so sind wir auch nicht berechtigt, jene Tuberceln für Lenticellen zu erklären. Beides aber lässt sich, wie ich glaube, deutlich nachweisen. Untersucht man nämlich bei solchen Monocotylen, welche mit Luftwurzeln versehen sind, und welche eine deutlich ausgebildete Rinde besitzen, z. B. *Vanilla planifolia*, die Stellen, an welchen die Wurzeln zur Entwicklung kommen, während der ersten Stadien der Ausbildung der Wurzeln, so sieht man die letzteren auf eine ganz analoge Weise entstehen, wie die Adventivwurzeln der Dicotylen. Es bildet sich nämlich unterhalb der Rinde, wo die äussersten Gefässbündel liegen, ein Kern von einem zarten, durchsichtigen Zellgewebe, in welchem später Gefässbündel entstehen, die sich nach innen in den Stamm verlängern und sich an die Gefässbündel desselben anlegen, während die Spitze des Kernes, ohne eine organische Vereinigung mit der Rinde einzugehen, nach aussen wächst, die Rinde in einen Hügel erhebt und zuletzt durchbricht. Diejenige Stelle der Rinde, welche von der anschwellenden Wurzel in einen Hügel erhoben wird, zeigt in Hinsicht auf ihre Structur auch nicht die leiseste Verschiedenheit von der umliegenden Rinde, und eben so wenig ist, ehe sich das Wurzelknötchen auf der innern Seite der Rinde entwickelt, auf der Oberfläche der letzteren durch irgend einen Umstand die Stelle angedeutet, an welcher später die Wurzel entsteht. Es erhellt also hieraus, dass die Luftwurzeln der Monocotylen eben so wenig, als die der Dicotylen aus Lenticellen entstehen und dass jene Tuberceln, aus welchen die Wurzeln hervorbrechen, mit den Lenticellen nichts gemein

haben, sondern den ebenfalls auf rein mechanische Weise entstehenden Erhabenheiten der Rinde entsprechen, aus welchen bei den dicotylen Bäumen die Adventivwurzeln hervorkommen.

Auch an den Wurzeln der Monocotylen trifft man an den Stellen, an welchen sich die Seitenwürzelchen entwickeln, nichts einer Lenticelle ähnliches an, sondern es entstehen die Wurzelzweige ebenfalls aus Knötchen, die zwischen der Wurzelrinde und dem centralen Strange von Gefässbündeln sich entwickeln (vgl. oben pag. 158.)

Was die von E. Meyer angeführten Dicotylen betrifft, bei welchen eine regelmässige Linsenstellung vorkommen soll, so verhält es sich bei denselben auf die gleiche Weise, wie bei den Monocotylen, indem die Wurzeln zwar an bestimmten Stellen, aber ebenfalls nicht aus Lenticellen hervorkommen. Ich glaube in dieser Beziehung nur einen Umstand, auf welchen Meyer ein grosses Gewicht zu legen scheint, berühren zu müssen, nämlich die Angabe, dass bei manchen *Crassulaceen, z.* B. *Crassula tetragona*, die Wurzeln an derselben Stelle stehen, an welcher eigentlich Beiaugen stehen sollten, woraus (wenn ich anders den Verfasser richtig verstanden habe) auf eine Analogie zwischen Linsen und Augen geschlossen wurde. Die Sache verhält sich allerdings bei *Crassula tetragona, cordata* u. a. häufig so, aber nicht immer; häufig sieht man die Wurzeln theils über der fehlschlagenden Knospe, theils unter dem Blatte, theils zwischen beiden Blättern hervorkommen, woraus erhellt, dass wenn auch häufig diese Wurzeln an einer bestimmten Stelle des Knotens erscheinen, dennoch keine grosse Regelmässigkeit dabei stattfindet, sondern dass der ganze Umkreis des Knotens gleich geeignet zu ihrer Hervorbringung ist, dass folglich diese Wurzeln kein Ersatz für die Beiaugen sind, welche immer eine bestimmte Lage in Beziehung auf die Hauptknospe besitzen.

Endlich haben wir noch einige andere über die Natur der Lenticellen geäusserte Meinungen zu betrachten, welche theils durch die Darstellung von Decandolle das Ansehen, in dem sie standen, verloren, theils erst in den neueren Zeiten aufgestellt und noch keinen allgemeinen Anklang gefunden haben.

Die älteste Meinung, welche bis zu der Publication von Decandolle's Abhandlung beinahe allgemein angenommen wurde, war von Guettard aufgestellt und bezeichnete die Lenticellen als *Drüsen* (glandes lenticulaires). Zu dieser Meinung gab wohl nur ihr äusseres Ansehen Veranlassung, denn eine wirkliche Absonderung einer Flüssigkeit durch diese Organe hat wohl Niemand beobachtet, obgleich einige Physiologen, z. B. Vaucher [1]. von eigenthümlichen Säften, die sie enthalten, sprechen, und Mirbel [2]) sie als Lücken, die mit öligen oder harzigen Säften gefüllt seien, und welche er mit den Harzgängen vergleicht, beschreibt. Dass sie diese letztere Beschaffenheit nie besitzen, davon glaube ich mich durch meine Untersuchungen vollkommen überzeugt zu haben, und auch Treviranus [3]) giebt an, er hätte niemahls eine Höhle zur Absonderung eines Secretums in ihnen wahrgenommen. Wenn wir auch den Begriff einer Drüse bei den Pflanzen nicht blos auf diejenigen Theile einschränken wollten, welche eine von ihnen bereitete, eigenthümliche Flüssigkeit nach aussen entleeren, sondern wenn wir auch einzelne Zellen und Zellenparthieen, welche im Innern

1) Senebier, physiol. végét. T. I. p. 439.
2) Elémens de phys. végét. T. I. p. 173.
3) Physiol. d. Gewächse. T. I. p. 364.

der Pflanze liegen und eine von dem allgemein verbreiteten Zellensafte abweichende Flüssigkeit enthalten, mit diesem Ausdrucke bezeichnen wollten, so wäre dennoch der Begriff der Drüse auf die Lenticellen nicht auszudehnen, insoferne dieselben solche eigenthümliche Säfte nicht enthalten und gleich nach ihrer Entstehung wieder vertrocknen.

Eine andere Ansicht rührt von Du Petit-Thouars her, welcher die Lenticellen mit dem Ausdrucke der Rindenporen (pores corticaux) bezeichnet und glaubt, sie seien bestimmt eine Verbindung zwischen der äusseren Luft und der amylumähnlichen Schichte der Rinde [1]) zu unterhalten, welche zur Umwandlung der letzteren in grünes Parenchym nöthig zu sein scheine [2]). Diese Ansicht scheint mir aus mehreren Gründen verwerflich zu sein, denn einentheils beruht die Meinung, dass sich das grüne Rindenparenchym aus dem unterliegenden ungefärbten, oder vielmehr hellergefärbten Parenchyme entwickle, auf blosser Vermuthung, zu deren Gunsten auch nicht eine einzige Thatsache spricht, anderntheils, wenn dieses auch der Fall wäre, so wäre die Mitwirkung der Lenticellen wohl nicht dazu nöthig, indem dieselben vielen Bäumen und Sträuchern, z. B. den *Coniferen, Pomeranzen, Rosen, Evonymus europaeus* etc. fehlen, und endlich erhellt aus der oben gegebenen anatomischen Darstellung, dass die Lenticellen durchaus nicht blosse Poren der Rinde sind.

Agardh [3]) endlich, welcher Decandolle's Angabe, dass die Adventivwurzeln aus den Lenticellen hervorbrechen, für richtig erklärt, findet den Grund davon nicht, wie Decandolle, darin, dass sie Wurzelknospen seien, sondern er hält die Lenticellen für Oeffnungen in der Rinde, für eine Art von Luftlacunen, und vergleicht sie mit den Lücken, die auch im Innern der Rinde, z. B. bei *Sambucus nigra* vorkommen. Er ist der Ansicht, dass die Wurzeln nur desshalb durch die Lenticellen hervorbrechen, weil die Feuchtigkeit durch diese Oeffnungen eindringe und die Bildung eines Wurzelzweiges veranlasse. Da, wie oben gezeigt, die Wurzelentwicklung durch die Lenticellen auf unrichtigen Beobachtungen beruht, so ist es auch nicht nöthig, die von Agardh gegebene Erklärung derselben näher in Betracht zu ziehen.

Nachschrift.

Ungefähr zur gleichen Zeit, in welche die Ausarbeitung der voranstehenden Dissertation fällt, schrieb auch Unger einen Aufsatz über die Lenticellen (Flora. 1836. II. 577), in welchem er eine von mir übersehene anatomische Thatsache anführt, nämlich die, dass sich die Lenticellen nur an solchen Stellen der Zweige entwickeln, an welchen sich in der Epidermis Spaltöffnungen finden. Die Deutung, welche mein ver-

1) Hierunter versteht Du Petit-Thouars die innere, ausserhalb des Bastes liegende, hellgefärbte Schichte des Rindenparenchyms, welche er auf eine nicht sehr naturgetreue Weise als einen vom grünen Parenchyme verschiedenen Theil betrachtet und als eine trockene, weisse, aus kleinen, nicht zusammenhängenden Körnern bestehende Schichte beschreibt (Essais s. l. végét. p. 20).

2) Essais sur la végétation. p. 222.

3) Organographie. p. 128.

ehrter Freund von den Lenticellen gab, wich von der meinigen wesentlich ab, insoferne er als Analoga derselben die Keimkörner der Jungermannienblätter, die Soredia der Flechten und die mit pulverförmigen Zellen gefüllten Gruben in der Rinde der Baumfarne betrachtete. Er hielt sie somit auf der einen Seite für oblitterirte Athmungsorgane, auf der andern Seite für nicht zur Ausbildung gekommene Fortpflanzungsorgane. Da hingegen in den von Unger und Endlicher herausgegebenen Grundzügen (p. 99) die Lenticellen für eine partielle Korkbildung erklärt sind, so scheint Unger der hier ausgesprochenen Ansicht beigetreten zu sein.

XVII.

Ueber
die Spaltöffnungen auf den Blättern der Proteaceen.

(Aus den Abhandlungen der Leop. Carol. Academie der Naturforscher. XVI. II. 1833.)

Die Wichtigkeit, welche Robert Brown in taxonomischer Hinsicht den Spaltöffnungen der *Proteaceen* beilegt, indem er (in dem Supplemente zur Flora von Neuholland) diese mikroskopischen, mit dem Geschäfte der Fructifikation in keiner Beziehung stehenden Organe für tauglich erklärt, einen bei der Begrenzung der Gattungen und Ausmittlung ihrer Verwandtschaften zu benützenden Character abzugeben, besonders aber der Umstand, dass die von Robert Brown gegebene Beschreibung ihres Baues mit den, kurze Zeit vorher von Meyen über den Bau der Spaltöffnungen geäusserten Ansichten, übereinzustimmen, den Resultaten hingegen, welche ich bei Untersuchung der Spaltöffnungen anderer Gewächse erhalten hatte, und den Folgerungen, welche ich für die Lehre vom Athmen der Pflanzen aus denselben ziehen zu können glaubte, völlig zu widersprechen schien, veranlasste mich, die Spaltöffnungen der Proteaceen einer genauern Untersuchung zu unterwerfen.

Robert Brown tritt nämlich der Meinung derjenigen Phytotomen bei, welche diese Organe für Drüsen halten, und erklärt den mittlern Raum derselben nicht für eine Oeffnung, sondern für eine Membran; er spricht sich jedoch nicht mit seiner gewöhnlichen, seine übrigen Arbeiten so bezeichnenden Schärfe und Bestimmtheit über ihren Bau aus, sondern stellt seine Ausdrücke so auf Schrauben, dass seine Ansichten über einige wesentliche Puncte ziemlich zweifelhaft bleiben [1]). Insbesondere ist dieses der Fall bei Robert

1) Folgendes ist die, in der Vorrede der angeführten Schrift gegebene Beschreibung der Spaltöffnungen der *Proteaceen: Organa* »*quae a plerisque auctoribus Pori aut Stomata nuncupata, a nonnullis, et melius, ut mihi videtur, Glandulae appellata sunt. Hae Glandulae cutaneae enim, quantum determinare potui, saepius revera imperforatae sunt, discum exhibentes membrana modo pellucentiore, modo opaca, rarissime colorata, formatum.*

Glandula unaquaeque areolam Epidermidis unicam, forma plerumque plus minus mutatam, saepius contractam aliquando auctam, omnino, vel partim occupat.

Glandularum figura saepius ovalis, nunc subrotunda raro transversim dilatata, rarissime angulata est. Limbus vel e duobus segmentis distinctis, subparalleli leviter arcuatis compositus, vel saepius annularis continuus, segmentis quasi utrinque confluentibus: discus nunc subovalis, nunc linearis, rarissime angulatus, haud raro duplex, exteriore saepius ovali, interiore rimam perangustam aemulanti, modo opaco modo pellucenti, et quandoque forsan perforato«.

Brown's Beschreibung der Lage dieser Drüsen, indem er sich nämlich nicht darüber ausspricht, ob an der Stelle, wo eine Drüse liegt, die Epidermis unterbrochen ist, oder nicht, und ob im letztern Falle die Drüse auf, oder (wie es Meyen angiebt) unter der Epidermis liegt. Es scheint jedoch aus der Stelle: *glandula unaquaeque areolam Epidermidis unicam omnino vel partim occupat,* zu erhellen, Robert Brown halte die Epidermis für vollständig geschlossen, indem der Ausdruck: *areola Epidermidis* nichts anderes bezeichnen kann, als eine Epidermiszelle, und das von Rob. Brown angegebene Verhältniss, dass in manchen Fällen die Drüse nur theilweise diesen Raum einnehme, nur möglich ist, wenn die Drüse nicht an der Stelle einer Epidermiszelle, sondern unter oder über einer solchen liegt; und doch scheint Rob. Brown auf der andern Seite von diesem Geschlossensein nicht völlig überzeugt zu sein, wie die Stelle: *disco quandoque perforato* beweist.

Die von mir über die Spaltöffnungen der Proteaceen angestellten Untersuchungen ergaben im allgemeinen, dass dieselben bei diesen Pflanzen eine wirkliche, wenn auch in den meisten Fällen sehr schmale Oeffnung besitzen, dass die, um diese Oeffnung angelagerten, mit feinen Körnern erfüllten Zellen, wie bei den übrigen Gewächsen, die äussere Begrenzung einer im Parenchyme des Blattes befindlichen und mit den Intercellulargängen des Mesophyllums in Verbindung stehende Höhle bilden, dass die Spaltöffnungen der verschiedenen Gattungen der *Proteaceen* nicht sowohl im Baue dieser wesentlichen Theile, als vielmehr in der verschiedenen Bildung der die Spaltöffnung umgebenden Epidermiszellen von einander abweichen, dass ferner, beinahe nur mit Ausnahme der in Vertiefungen gruppenweise zusammenliegenden Spaltöffnungen von *Dryandra, Banksia* u. s. w., die Längenrichtung aller Spaltöffnungen, wie bei den Blättern der Monocotylen, parallel mit der Längenrichtung des Blattes ist, oder wenigstens nur einen kleinen Winkel mit ihr bildet.

Die am meisten von der gewöhnlichen Form der Spaltöffnungen abweichende Bildung findet sich bei *Hakea.* Die Epidermiszellen der zu dieser Gattung gehörigen Pflanzen sind nämlich sehr tief (Tab. VII. Fig. 2. *a. Hakea nitida*), und die Spaltöffnungen liegen, mit den sie umgebenden Zellen, an der Grenze zwischen den Zellen des Mesophyllum und der Epidermis (Tab. VII. Fig. 2. 5. 7). Es wird dadurch über jeder Spaltöffnung eine ziemlich geräumige Höhle gebildet, welche noch dadurch vergrössert wird, dass der Rand der die Höhle einschliessenden Epidermiszellen mehr oder weniger verlängert ist, wodurch ein conischer, an der Spitze durchbrochener, über die Fläche des Blattes hervorragender Hügel gebildet wird (Tab. VII. Fig. 2. *b.* Fig. 5. *b.* Fig. 7. *b.*). Untersucht man diese Bildung nur oberflächlich, so kann man leicht verleitet werden, diese obere Oeffnung (Tab. VII. Fig. 1. *a. Hakea nitida.* Fig. 3. *a. Hakea florida*) für die Spaltöffnung selbst zu halten; immer aber wird man sich von dem richtigen Verhältnisse und von dem Vorhandensein der in der Tiefe gelegenen Spaltöffnung überzeugen können, wenn man entweder zarte Querschnitte der Epidermis (*Hakea florida* Tab. VII. Fig. 5. *Hakea nitida* Tab. VII. Fig. 2), oder die vom Mesophyllum abgeschnittene Epidermis von ihrer untern Seite (Tab. VII. Fig. 4. *Hakea nitida,* Tab. VII. Fig. 6. *Hakea florida*) untersucht.

Die Spaltöffnung selbst ist auf jeder Seite von zwei länglichen Zellen begrenzt, von denen die innere

schmaler und niedriger (Tab. VII. Fig. 2. *c.* Fig. 4. *c.* Fig. 5. *c.*) ist als die äussere, welche auf dem Querschnitte häufig eine beinahe halbmondförmige Figur zeigt (Tab. VII. Fig. 2. *d.* Fig. 5. *d.* Fig. 7. *d.*). Der bequemern Bezeichnung wegen werde ich diese mit körniger Masse gefüllten, die Spaltöffnung unmittelbar umgebenden Zellen mit dem Ausdrucke der innern und äussern *Porenzellen* bezeichnen. Es schliessen sich dieselben entweder unmittelbar an die Epidermiszellen an (Tab. VII. Fig. 7. *Hakea pachyphylla*), und schliessen so die zwischen den Epidermiszellen liegende Höhlung von der im Blatte befindlichen ab, oder es geschieht dieses durch Vermittlung von zwei anderen, grösseren, im Umkreise der Porenzellen liegenden, parenchymatosen Zellen (Tab. VII. Fig. 5. *e.* Fig. 6. *b.* *Hakea florida*).

Von dem beschriebenen Baue macht *Hakea saligna* insofern eine Ausnahme, als die im Umkreise der Spaltöffnung liegenden Epidermiszellen nicht in einen Hügel erhoben sind (Tab. VIII. Fig. 3. *a.*), wesshalb auch die Spaltöffnungen bei der senkrechten Ansicht des Blattes sogleich zu Gesichte kommen (Tab. VIII. Fig. 5).

Einen etwas verschiedenen Bau des, aus den Epidermiszellen gebildeten, die Spaltöffnungen umgebenden Walles trifft man bei *Protea.* Der conische, über die Spaltöffnung hergewölbte Hügel besteht nämlich bei *Hakea* aus einer Verlängerung der die Höhlung begrenzenden Epidermiszellen, und es erstreckt sich die Höhlung der Zelle selbst mehr oder weniger in diese Verlängerung hinein; bei *Protea* hingegen wird dieser Wall nur von einer Verlängerung der obern Epidermiswandung gebildet, ohne dass die Höhlung der Zellen sich in dieselbe fortsetzt (Tab. VII. Fig. 10. *b.* *Protea melaleuca*, Fig. 14. *b.* *Protea mellifera*). Daher kommt es auch, dass man bei der senkrechten Ansicht der Epidermis bei *Hakea* die Zusammensetzung des Hügels aus Zellen erkennt (Tab. VII. Fig. 3), während derselbe bei *Protea* als ein gleichförmiger ovaler, oder runder in der Mitte durchbohrter Ring erscheint (Tab. VII. Fig. 8. 9. *Protea mellifera*). Dieser Wall ist in der Mitte gegen die Oeffnung hin eingedrückt und springt über die Oberfläche des Blattes weniger stark hervor, als bei *Hakea* (Tab. VII. Fig. 14. *b.* *Protea mellifera*, Fig. 10. *b.* *Protea melaleuca*), zuweilen liegt auch, z. B. bei *Protea mellifera*, dieser Wall mit seinen Umgebungen in einer leichten Vertiefung der Blattoberfläche (Tab. VII. Fig. 14). Die Spaltöffnung selbst liegt bei *Protea* nicht mehr an der untern Grenze der Epidermiszellen, wie bei *Hakea*, sondern ist gegen die äussere Fläche derselben hinausgerückt (Tab. VII. Fig. 10. *Protea melaleuca*, Fig. 14. *Protea mellifera*). Diesen Bau fand ich bei *Protea mellifera, lepidocarpon, coccinea, incompta, melaleuca;* bei den drei zuerst genannten Arten ist die äussere Wandung jeder Epidermiszelle in der Mitte in einen kleinen Hügel erhoben (Tab. VII. Fig. 8. Fig. 14. *Protea mellifera*).

Es erhellt auf den ersten Blick, dass diese und ähnliche Bildungen bei flüchtiger Untersuchung leicht zu irrigen Ansichten Veranlassung geben können und auch gegeben haben, nämlich zu einer Verwechslung der Oeffnung des Walles mit der Spaltöffnung selbst und zu dem Glauben, dass die Spaltöffnung in der Mitte eines runden Discus und nicht zwischen Zellen liege.

Bei den übrigen von mir untersuchten Proteaceen war der Bau der Spaltöffnung einfacher, als bei den bisher betrachteten Formen, aber wegen der geringen Grösse dieser Organe in manchen Fällen schwie-

rig zu untersuchen. Es stimmen dieselben alle darin mit einander überein, dass die Epidermiszellen abgeplattet sind (z. B. *Mimetes capitulata* Tab. VIII. Fig. 1. 2, *Leucadendron decorum* Tab. VIII. Fig. 10. 11. 12), und dass die Spaltöffnung an die Oberfläche der Epidermis heraufgerückt ist. Die Spalte ist auf jeder Seite nur von einer einzigen schmalen, langen Porenzelle begrenzt (*Mimetes capitulata* Tab. VIII. Fig. 2. *b. Leucadendron decorum* Tab. VIII. Fig. 11. *b.* Fig. 12. *b.*). Diese Zellen sind, so lange sie durch die Spalte von einander getrennt sind, in der Richtung von oben nach unten schmal, an beiden Enden hingegen verlängern sie sich in einen blinden, gegen das Innere des Blattes hin gerichteten Anhang, wie man an solchen Querschnitten der Epidermis sehen kann, welche parallel mit der Längenrichtung der Poren geführt sind und gerade durch die Spalte derselben gehen (Tab. VIII. Fig. 6. *b. Persoonia myrtilloides,* Fig. 11. *b. Leucadendron decorum*).

Auch diese Spaltöffnungen sind mit einem Walle umgeben, dieser ist aber nur schmal und niedrig, so dass bei der senkrechten Ansicht der Epidermis wegen der geringen Entfernung der Wallöffnung von der Spaltöffnung der Wall und die darunter gelegene Spaltöffnung mit ihren Zellen zugleich gesehen werden (Tab. VIII. Fig. 1. *Mimetes capitulata*, Fig. 8. *Persoonia myrtilloides*, Fig. 10. *Leucadendron decorum.*)

Es ist in diesen Fällen nöthig, um den Wall genauer betrachten zu können, die oberste Schichte der Epidermis durch einen sehr seicht geführten Schnitt auf die Weise abzuschneiden, dass die Porenzellen noch auf dem Blatte sitzen bleiben, und nur die äussere Wandung der Epidermiszellen und der Wall selbst abgelöst wird (*Leucadendron decorum,* Tab. VIII. Fig. 10. *f.*).

Dieser Wall wird, wie der Querschnitt der Epidermis zeigt, von einem Vorsprung der äussern Wandung der Porenzellen selbst, und nicht von den Epidermiszellen gebildet (Tab. VIII. Fig. 2. *c. Mimetes capitulata*, Fig. 6. *c. Persoonia myrtilloides*, Fig. 12. *c. Leucadendron decorum*).

Diesen Bau der Spaltöffnungen fand ich bei *Mimetes capitulata, hirta, Leucadendron decorum, adscendens, salignum, argenteum, Levisanus, Persoonia myrtilloides* Sieb., *lanceolata, revoluta* Sieb. *Serruria foeniculacea*, *Petrophila sessilis*, *pedunculata*, *Lomatia longifolia*, *silaifolia.*

Bei *Grevillea oleoides* Sieb. (Tab. VIII. Fig. 4. Fig. 7), *aconitifolia, phylicoides, myrtacea, sericea, laurifolia, buxifolia,* ist dieser zu einem Walle erhobene Vorsprung äusserst niedrig und erscheint bei der senkrechten Ansicht unter der Form einer Linie, welche jede Porenzelle in zwei parallel laufende zu theilen scheint. Dasselbe ist der Fall bei den kleinen, unter dichter Wolle verborgenen Spaltöffnungen von *Lambertia formosa, Dryandra tenuifolia, longifolia, Banksia marcescens, paludosa, aemula, marginata, oblongifolia, australis, Cunninghami.*

So auffallend auch nach dem Vorhergehenden der Bau der Spaltöffnungen bei den Proteaceen ist, so hätte man doch Unrecht, wenn man denselben für eine Eigenthümlichkeit dieser Familie halten würde, indem wir alle Abänderungen, welche wir im Baue der Spaltöffnungen bei den Proteaceen treffen, auch bei Gewächsen, welche sehr entfernt stehenden Familien angehören, finden.

Völlig denselben Bau, wie ich ihn von *Hakea* beschrieben habe, treffen wir bei den Spaltöffnungen,

welche auf der untern Blattfläche von *Cycas revoluta* liegen, indem hier (Tab. VII. Fig. 12) die Epidermiszellen ebenfalls in einen conischen, an der Spitze geöffneten Hügel erhoben sind, und die mit doppelten Porenzellen versehene Spaltöffnung im Grunde der im Hügel befindlichen Höhle liegt [1]).

Bei *Marchantia* findet sich in der Mitte eines jeden auf der Oberfläche der Frons sichtbaren Polygones ein ähnlicher, eine grosse Höhle überwölbender, an seiner Spitze geöffneter Hügel, welcher hingegen keine besondere Spaltöffnung enthält, sondern bei welchem die obere Oeffnung dieselbe ersetzt (Tab. VIII. Fig. 14. 15. *Marchantia conica*).

Auch die Bildung des Walles, wie wir sie bei *Protea* kennen gelernt haben, wo nämlich derselbe durch einen niederen Vorsprung der in geringer Menge die Spaltöffnung umgebenden Epidermiszellen gebildet wird, treffen wir bei *Sanseviera zeylanica* (Tab. VIII. Fig. 17) und *Agave lurida* (Tab. VII. Fig. 13), bei welcher letztern Pflanze ebenfalls, wie bei *Protea mellifera*, die Spaltöffnung mit den vier, sie umgebenden, den Wall bildenden Epidermiszellen in einer seichten Vertiefung liegt, und jede Epidermiszelle in ihrer Mitte in eine Warze erhoben ist.

Den Uebergang von dieser Wallbildung zu der einfachsten Form der Spaltöffnungen, wo die Porenzellen in derselben Fläche mit den Epidermiszellen liegen (z. B. *Scolopendrium officinarum* Tab. VIII. Fig. 22, *Helleborus foetidus* Tab. VIII. Fig. 20. 21), bilden die Blätter von *Iris florentina,* indem bei diesen die Porenzellen ebenfalls noch zum Theile unter den Epidermiszellen verborgen liegen, die letztern aber einen abgerundeten Rand besitzen, und nicht in eine vorstehende Kante verlängert sind (Tab. VIII. Fig. 16. 19).

Von dem Falle endlich, dass, wie bei der Mehrzahl der Proteaceen, die Porenzellen selbst in einen kleinen Wall erhoben sind, zeigen die Blätter von *Crinum africanum* (Tab. VIII. Fig. 13. 18) ein sehr ausgezeichnetes Beispiel.

Es folgt aus diesen Beobachtungen, dass die in den neueren Zeiten vielfach geäusserte Ansicht, es seien die Spaltöffnungen als Drüsen zu betrachten, und die Continuität der Blattoberfläche sei an den Stellen, wo sie liegen, nicht unterbrochen, unrichtig ist und dass die von Sprengel, Moldenhawer, Treviranus u. A. vertheidigte Ansicht, dass sie wirkliche, zwischen den Epidermiszellen liegende Oeffnungen sind, vollständig gerechtfertigt wird. Der Zweck dieser Oeffnungen wird aus dem Verhältnisse derselben zu den Intercellulargängen klar. Die unter den Spaltöffnungen im Mesophyllum liegenden Höhlen sind nämlich weder von den Intercellulargängen abgeschlossen, noch führen diese eine tropfbare Flüssigkeit, wie diese beiden Puncte von den Phytotomen behauptet werden, sondern die Intercellulargänge aller ausgebildeten Theile der Pflanzen führen Luft, und stehen durch die Höhlen in den Blättern und durch die Spaltöffnungen mit der Atmosphäre in directer Verbindung. Wir finden also bei den Pflanzen in Hinsicht auf die Art und Weise, wie die atmosphärische Luft mit den innern Theilen in Berührung gebracht wird, im Allgemeinen eine grosse

1) Ich habe schon früher in meiner Schrift über die Poren des Pflanzenzellengewebes (p. 13. Tab. I. Fig. 4) auf diese Bildung der Epidermis bei *Cycas* aufmerksam gemacht, dagegen den Fehler dabei begangen, dass ich die Oeffnung in der Spitze des Hügels als die Spaltöffnung beschrieb, indem ich diese selbst übersehen hatte.

Uebereinstimmung mit den Insekten, indem die Intercellulargänge, wie bei diesen die Tracheen, ein durch den ganzen Pflanzenkörper sich verzweigendes Netz von Kanälen bilden, und so eine Wechselwirkung der Luft mit dem in den einzelnen Zellen eingeschlossenen Safte möglich machen. Dass ein durch die ganze Pflanze verzweigtes Athmungs-System bei dem Mangel eines Circulations Systemes für die Pflanze nothwendig sei, fühlten die Pflanzenphysiologen schon längst, und gaben sich daher viele Mühe, einen Zusammenhang zwischen den Spiralgefässen und den Spaltöffnungen aufzufinden; wie wenig jedoch dieses gelungen, ist bekannt. Schwierig bleibt es immer, auf eine genügende Weise zu erklären, wie die Luft in dem engen Netze der Intercellulargänge circuliren kann, da der Pflanze das Vermögen, sich zu bewegen, fehlt, wodurch das Insekt die Luft in seine Tracheen einzieht und wieder aus denselben ausstösst.

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Abbildungen sind mittelst des Sömmerring'schen Spiegels nach einer 200maligen Vergrösserung gezeichnet, mit Ausnahme von Fig. 14 und 15 der VIIIten Tafel, welche um die Hälfte schwächer vergrössert sind.

Tab. VII.

Fig. 1. Epidermis von *Hakea nitida*. *a.* Oeffnung, welche in die oberhalb der Spaltöffnung liegende Höhle führt. *b.* Niederer, aus den Epidermiszellen gebildeter, diese Oeffnung umgebender Wall.

Fig. 2. Querschnitt durch einen Theil des Blattes von *Hakea nitida*. *a.* Epidermiszellen. *b.* Wall, welcher die Oeffnung umgiebt, welche zu der oberhalb der Spaltöffnung liegenden Höhle *(e)* führt. *c.* Innere Porenzelle. *d.* Aeussere Porenzelle. *f.* Grüne Zellen des Mesophyllum. *g.* Dickwandige, ungefärbte Zellen des Mesophyllum *h.* Unter der Spaltöffnung liegende Höhle. *i.* Theil eines Gefässbündels.

Fig. 3. Epidermis von *Hakea florida*. *a.* Wallöffnung. *b.* Aus den Epidermiszellen gebildeter Wall.

Fig. 4. Ansicht einer Spaltöffnung von *Hakea nitida* von der innern Seite. *a.* Quer durchschnittene grüne Zellen des Mesophyllum (Fig. 2. *f.*). *b.* Ungefärbte, dickwandige Zellen des Mesophyllum (Fig. 2. *g.*). *c.* Innere Porenzelle. *d.* Aeussere Porenzelle.

Fig. 5. Querschnitt der Epidermis von *Hakea florida*. *a.* Epidermiszellen. *b.* Durchschnittener Wall. *c.* Innere Porenzellen. *d.* Aeussere Porenzelle. *e.* Parenchymatose Zellen, welche die Porenzellen mit den Epidermiszellen verbinden. *f.* Zellen des Mesophyllum.

Fig. 6. Epidermis von *Hakea florida*, von der innern Seite aus gesehen. *a.* Epidermiszellen. *b.* Parenchymatose, zwischen die Epidermiszellen und die Porenzellen eingeschobene Zellen. *c.* Innere Porenzellen. *d.* Aeussere Porenzellen.

Fig. 7. Querschnitt durch einen Theil des Blattes von *Hakea pachyphylla* Sieb. *a.* Epidermiszellen. *b.* Durchschnittener Wall. *c.* Innere Porenzelle. *d.* Aeussere Porenzelle. *e.* Unter der Spaltöffnung liegende Höhle. *f.* Zellen des Mesophyllum.

Fig. 8. Epidermis von *Protea mellifera*, von oben beleuchtet. *a.* Wall. *b.* Epidermiszellen, deren äussere Wandung in der Mitte in einen Hügel erhoben ist.

Fig. 9. Epidermis von *Protea mellifera*, von unten beleuchtet. Durch die Oeffnung des Walles *(a)* sieh-man die Spaltöffnung. Der Hügel der Epidermiszellen *(b)* ist bei dieser Beleuchtung nicht sichtbar.

Fig. 10. Querschnitt der Epidermis von *Protea melaleuca*. *a.* Epidermiszellen. *b.* Wall. *c.* Innere Porent zellen. *d.* Aeussere Porenzellen.

Fig. 11. Epidermis von *Protea melaleuca*, von der innern Seite gesehen. *a.* Innere Porenzellen. *b.* Aeussere Porenzellen.

Fig. 12. Querschnitt durch die Epidermis von *Cycas revoluta*, von der untern Seite des Blattes. *a.* Wall. *b.* Aeussere Porenzellen. *c.* Innere Porenzellen.

Fig. 13. Querschnitt durch die Epidermis von *Agave lurida*. *a.* Epidermiszellen. *b.* Wall. *c.* Porenzellen.

Fig. 14. Querschnitt durch einen Theil des Blattes von *Protea mellifera*. *a.* Epidermiszellen, deren äussere Wandung in einen Hügel erhoben ist. *b.* Wall. *c.* Aeussere Porenzelle. *d.* Innere Porenzelle. *e.* Unter der Spaltöffnung liegende Höhle. *f.* Zellen des Mesophyllum.

Tab. VIII.

Fig. 1. Epidermis von *Mimetes capitulata*. *a.* Wall. *b.* Spaltöffnung. *c.* Porenzelle.

Fig. 2. Querschnitt der Epidermis von *Mimetes capitulata*. *a.* Epidermiszellen. *b.* Porenzellen, welche in einen niedern Wall *(c)* erhoben sind.

Fig. 3. Querschnitt der Epidermis von *Hakea saligna*. *a.* Epidermiszellen. *b.* Innere Porenzellen. *c.* Aeussere Porenzellen. *d.* Zellen des Mesophyllum. *e.* Unter der Spaltöffnung liegende Höhle.

Fig. 4. Epidermis von *Grevillea oleoides* Sieb. *a.* Porenzellen, welche in einen sehr niedern Wall erhoben sind.

Fig. 5. Epidermis von *Hakea saligna*. *a.* Epidermiszellen. *b.* Aeussere Porenzellen. *c.* Innere Porenzellen.

Fig. 6. Querschnitt der Epidermis von *Persoonia myrtilloides*. Der Schnitt ist der Länge nach durch die Spaltöffnung geführt. *a.* Epidermiszellen mit sehr enger Höhlung *(a)* und sehr dicker äusserer Wandung *(d)*. *b.* Porenzelle, deren äussere Wandung in einen Wall *(c)* erhoben ist.

Fig. 7. Querschnitt durch die Epidermis von *Grevillea oleoides*. *a.* Querschnitt der in einen niedern Wall erhobenen Porenzellen.

Fig. 8. Epidermis von *Persoonia myrtilloides*. *a.* Wall. *b* Porenzelle.

Fig. 9. Querschnitt durch einen Theil des Blattes von *Persoonia myrtilloides*. *a.* Epidermiszellen mit sehr dicker äusserer Wandung *(d)*. *b.* In querer Richtung durchschnittene Porenzelle, welche in einen Wall *(c)* erhoben ist. *e.* Unter der Spaltöffnung liegende Höhle. *f.* Zellen des Mesophyllum.

Fig. 10. Epidermis von *Leucadendron decorum*. *a.* Porenzellen, welche in einen Wall erhoben sind. *f.* Wall, unter welchem die Porenzellen weggeschnitten sind.

Fig. 11. Querschnitt durch die Epidermis von *Leucadendron decorum*. Der Schnitt ist der Länge nach durch die Spaltöffnung geführt. *a.* Epidermiszellen. *b.* Porenzelle, welche in einen niedern Wall *(c)* erhoben ist.

Fig. 12. Querschnitt durch die Epidermis von *Leucadendron decorum*, in senkrechter Richtung auf die Spaltöffnung geführt. *a.* Epidermiszellen. *b.* Porenzellen. *c.* Wall der Porenzelle.

Fig. 13. Epidermis von *Crinum africanum*. *a.* Epidermiszellen, deren äussere Wandung mit erhabenen Fasern besetzt ist. *b.* Wall der Porenzellen. *c.* Porenzelle.

Fig. 14. Epidermis von *Marchantia conica*. *a.* Epidermiszellen. *b.* An der Spitze durchbrochener, von der Epidermis gebildeter Hügel.

Fig. 15. Querschnitt durch die Frons von *Marchantia conica*. *a.* Epidermis. *b.* Hügel derselben, welcher an der Spitze geöffnet ist und eine geräumige Höhle umschliesst. *c.* Flaschenförmige, den Boden dieser Höhle bildende Zellen. *d.* Grüne, parenchymatose Zellen der Frons. *e.* Ungefärbte, untere Zellenlagen der Frons.

Fig. 16. Querschnitt durch die Epidermis des Blattes von *Iris florentina*. *a.* Epidermiszellen. *b.* Grüne parenchymatose Zellen. *c.* Porenzellen, halb bedeckt von den anliegenden Epidermiszellen *(d)*.

Fig. 17. Querschnitt durch die Epidermis des Blattes von *Sanseviera zeylanica*. *a.* Epidermiszellen. *b.* An die Porenzellen *(c)* anstossende, vergrösserte, in einen niedern Wall *(d)* erhobene Epidermiszellen.

Fig. 18. Querschnitt durch einen Theil des Blattes von *Crinum africanum*. *a.* Epidermiszellen. *b.* Aeussere, mit faserähnlichen Erhabenheiten besetzte Wandung derselben. *c.* Porenzellen, welche in einen Wall *(d)* erhoben sind. *e.* Unter der Spaltöffnung liegende Höhle. *f.* Zellen des Mesophyllum.

Fig. 19. Epidermis von *Iris florentina*. *a.* Epidermiszellen. *b.* Grüne parenchymatose Zellen des Mesophyllum. *c.* Von den Epidermiszellen halb bedeckte Porenzellen.

Fig. 20. Querschnitt durch die Epidermis der untern Blattfläche von *Helleborus foetidus*. *a.* Epidermiszellen. *c.* Porenzellen. *d.* An die Porenzellen anstossende, und von denselben zum Theil bedeckte Epidermiszellen.

Fig. 21. Epidermis der untern Blattfläche von *Helleborus foetidus*. *a.* Epidermiszellen. *b.* Porenzellen, welche zum Theile über den anliegenden Epidermiszellen liegen. *c.* Spaltöffnung.

Fig. 22. Epidermis von der untern Fläche des Wedels von *Scolopendrium officinarum*. *a.* Epidermiszellen, welche Chlorophyllkörner enthalten. *b.* Porenzellen.

XVIII.

Ueber
die Entwicklung der Spaltöffnungen.

(Aus der Linnaea. 1838.)

So viel mir bekannt ist, hat über die Art und Weise, wie sich die Spaltöffnungen entwickeln, bis jetzt Mirbel allein Beobachtungen bekannt gemacht, und zwar über die Entwicklung der Spaltöffnungen von *Marchantia polymorpha*. Er giebt an, dass sich bei dieser Pflanze die Spaltöffnungen auf eine doppelte Weise entwickeln. Einmal bemerke man an der Stelle, wo sich eine Spaltöffnung bilde, eine kleine Grube in der Epidermis, deren Boden von einer Epidermiszelle eingenommen sei, und welche von vier andern Zellen umgeben werde. Diese mittlere Zelle verschwinde nun (se detruit), und dadurch werde die Oeffnung der Spaltöffnung erzeugt. Dieses sei der gewöhnliche Vorgang auf den blattartigen Ausbreitungen von *Marchantia*. Auf den Blüthenstielen finde dagegen gewöhnlich ein anderer Vorgang statt. Hier werde nämlich der Boden der Grube von drei bis fünf Zellen von keilförmiger Gestalt, welche in der Mitte zusammenstossen, gebildet, und diese Zellen treten später auseinander, so dass sie eine sternförmige Oeffnung zwischen sich lassen. Die Zellen ziehen sich immer mehr nach aussen zurück, verwandeln sich in den Ring der Spaltöffnung (anneau obturateur), während die im Umkreise gelegenen Epidermiszellen den Rand (Wall) der Spaltöffnung bilden.

Es ist deutlich, dass in dieser Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen eine Lücke ist, indem sie nicht erklärt, wie dieselbe Form der Spaltöffnung aus diesen beiden Entwicklungsarten hervorgehen kann. Man sieht nämlich nicht ein, wie sich bei der ersten der angegebenen Arten der Entwicklung die Porenzellen (Mirbel's anneau obturateur) ausbilden. Wenn sich die Spaltöffnung durch das Verschwinden einer Epidermiszelle bildet, und die umliegenden Epidermiszellen den Wall bilden, so besteht die Spaltöffnung nur aus einer einfachen Oeffnung; dieses findet man aber bekanntlich in der Natur nicht, sondern innerhalb der Wallöffnung liegen zwei oder mehrere Zellen (Porenzellen), welche die Spaltöffnung selbst einschliessen. Die Entstehung von diesen Porenzellen ist nun zwar wohl bei der zweiten von Mirbel beobachteten Entwicklungsweise deutlich, aber nicht bei der ersten.

Ich versuchte mir hierüber durch Untersuchung von *Marchantia polymorpha* Aufklärung zu verschaffen, kam aber damit nicht ins Reine, indem bei dieser Pflanze die Untersuchung der frühesten Zustände

der Epidermis ihre bedeutenden Schwierigkeiten hat, insofern sich die Epidermis nur mit Hülfe des Messers abschneiden, aber nicht rein vom unterliegenden Parenchyme abziehen lässt; da auf diese Weise immer einige unterliegende Parenchymzellen mit der Epidermis abgetrennt werden, so hindern diese die feinen Veränderungen, die in den entstehenden Spaltöffnungen vorgehen, mit gehöriger Bestimmtheit zu erkennen. Desshalb beschränke ich mich, von diesen Untersuchungen nur das anzuführen, dass ich auf dem Laube die Spaltöffnungen auf die zweite, von Mirbel beschriebene Weise entstehen sah, dagegen die Entstehung derselben durch Verschwinden einer Zelle nicht beobachten konnte.

Dagegen glaube ich die Entwicklung der Spaltöffnungen ziemlich vollständig auf den Blättern von *Hyacinthus orientalis* verfolgt zu haben. Ich wählte diese Blätter, weil nicht nur die Spaltöffnungen derselben eine ziemliche Grösse besitzen, sondern besonders desshalb, weil diese Blätter bei ihrem Wachsthume von oben nach unten die Bequemlichkeit gewähren, dass man an demselben Blatte alle Entwicklungsstufen der Spaltöffnungen verfolgen kann, insofern dieselben an dem älteren, oberen Theile des Blattes schon vollständig ausgebildet sind, während sie an dem unteren, erst kürzlich gebildeten, noch in der Zwiebel eingeschlossenen und ungefärbten Theile noch nicht vorhanden sind.

An diesem unteren Theile der Blätter finden sich zwischen den Epidermiszellen kleinere viereckige Zellen, deren Querdurchmesser etwas grösser als der Längendurchmesser ist. Diese Zellen sind wie die Epidermiszellen ungefärbt, bald ohne festen Inhalt, bald enthalten sie eine feinkörnige Masse.

Weiter nach oben, gegen die Spitze des Blattes hin, trifft man in diesen Zellen den körnigen Inhalt zu einer kuglichen Masse zusammengeballt, welche jedoch häufig nicht scharf begrenzt ist. Zugleich bildet sich in der Mitte der Zelle, in der Längenrichtung des Blattes eine Scheidewand. Diese ist anfänglich nur sehr leicht angedeutet, bald aber sind die Linien, welche sie begrenzen, dann so deutlich sichtbar, als die Linien, welche die Seitenwandungen der Zellen bezeichnen.

Nun beginnt diese Scheidewand doppelt zu werden; ihre beiden Blätter treten in der Mitte auseinander, wodurch die erste Andeutung der Spaltöffnung selbst gegeben, und die ursprünglich einfache Zelle in die beiden Porenzellen gespalten ist.

Im weitern Verlaufe vergrössern sich die Porenzellen und mit denselben, und zwar in stärkerem Verhältnisse, die Spalte zwischen ihnen; die körnigschleimige Masse ist immer noch an der innern Wandung der Porenzellen, welche aus der später entstandenen Scheidewand sich entwickelt hat, angehäuft und steht durch fadenförmige Fortsätze mit den übrigen Wandungen der Zelle in Verbindung [1]).

Bei der vollkommen entwickelten Spaltöffnung ist endlich der Inhalt der Porenzellen gleichförmig durch ihre Höhlung vertheilt, und es haben sich Chlorophyllkörner in ihnen gebildet.

Die beschriebene Entwicklungsgeschichte verläuft bei jeder Spaltöffnung ganz regelmässig, aber nicht

1) Solche Fäden, durch welche eine in der Zellenhöhle liegende schleimige Masse mit den Zellwandungen in Verbindung gesetzt wird, kommen nicht blos hier, sondern überhaupt nicht ganz selten vor, z. B. in den Haaren junger Kürbisstengel, in den Gliedern der Zygnemen.

immer trifft man an derselben Blattstelle sämmtliche Spaltöffnungen genau auf derselben Entwicklungsstufe, sondern häufig eilen die einen den nebenliegenden etwas voraus.

Ob die hier gegebene Beschreibung der Entwicklung der Spaltöffnungen auf alle Fälle passt, oder ob bei anderen Pflanzen sich wesentliche Abänderungen im Verlaufe der Entwicklung finden, hierüber habe ich noch keine Beobachtungen angestellt; wohl aber mag es nicht unwahrscheinlich sein, dass die erste von Mirbel angegebene Entwicklungsweise gar nicht für sich isolirt auftritt, sondern dass sie die erste Stufe der zweiten ist, dass nicht ein Verschwinden der mittleren Zelle vorkommt, sondern dass sich dieselbe bei *Marchantia* in vier, wie bei *Hyacinthus* in zwei, Porenzellen theilt.

Nachtrag.

Gegen die im Voranstehenden gegebene Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen ist Dr. Nägeli (Linnaea. 1842. 237) aufgetreten. Nach seiner Angabe besteht die Epidermis in der Jugend aus viereckigen Zellen von gleicher Grösse, von denen jede einen Cytoblasten enthält. Während sich später der eine Theil dieser Zellen (die künftigen Epidermiszellen) in die Länge ausdehnt, bleibt ein anderer Theil (die künftigen Hautdrüsenzellen) kleiner und wächst nur in die Breite. Vom Kerne dieser Zellen gehen meistens Saftströmungen aus, welche unter der Form von Fäden oder Ringen erscheinen. Später findet man an der Stelle des früher einfachen Cytoblasten zwei nebeneinander liegende Kerne, von welchen es dem Verfasser gewiss zu sein scheint, dass sie nicht aus dem ursprünglichen Kerne, etwa durch Selbsttheilung hervorgegangen seien, indem er immer einige Zellen gefunden habe, die einen viel blasseren und schwachkörnig erscheinenden Kern enthielten, und andere, welche gar keinen Kern hatten; von jenen Zellen glaubt er nun, dass sie den ursprünglichen, gerade in Resorption begriffenen Cytoblasten enthalten, von diesen, dass der Cytoblast in ihnen völlig verschwunden ist und die zwei neuen noch nicht aufgetreten sind. Nachdem die zwei Kerne gebildet sind, tritt bald eine Scheidewand auf, welche die ursprüngliche Zelle theilt; diese Scheidewand ist nichts anderes, als die aneinanderstossenden Membranen zweier neuer, individueller Zellen. Es war Dr. Nägeli zwar nicht möglich, diese Zellen in ihrer Entwicklung selbstständig zu sehen, es gelang ihm aber zuweilen, dieselben durch Endosmose von Wasser in einem sehr frühen Zustande von der Mutterzelle zu isoliren und als besondere Zellen darzustellen. Einigemahle bemerkte er auch oben und unten an der Mutterzelle ein kleines, nach innen hervorragendes Wärzchen, von welchem er annimmt, dass es wahrscheinlich als Leiste ringsum verlaufe und einem Intercellulargange zwischen der Mutterzelle und den zwei Tochterzellen (den Hautdrüsenzellen) entspreche. Nun vergrössern sich die zwei Hautdrüsenzellen, ihre Cytoblasten werden resorbirt, mitten zwischen den Zellen wird eine Luftblase ausgeschieden, welche grösser wird und die Spaltöffnung erzeugt. Später verwandelt sich der schleimige Inhalt der Hautdrüsenzellen in Amylum und Chlorophyll und es werden die Mutterzellen resorbirt.

In Folge dieser abweichenden Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen versäumte ich es nicht, meine Untersuchungen über diesen Gegenstand wieder aufzunehmen und denselben an den

Blättern verschiedener Monocotylen, hauptsächlich an denen von *Hyacinthus orientalis* und *Narcissus Jonquilla*, so weit es mir meine optischen Hülfsmittel gestatteten, zu verfolgen. Das Resultat dieser neueren Untersuchungen kann mich keineswegs bewegen, meine frühere Darstellung als irrig zurückzunehmen. Ich kann zwar selbst meine Untersuchungen über dieses Organ nicht für geschlossen erklären, indem die Beschaffenheit meines (Plössl'schen) Mikroskopes mir nicht gestattete, die Untersuchung des wichtigsten hiebei in Frage kommenden Punktes, nämlich der Bildung der Scheidewand so weit zu verfolgen, dass ich selbst durch dieselben befriedigt wäre, dagegen liefern, wie ich glaube, dennoch diese Untersuchungen einen hinreichenden Beweis, dass bei der Bildung der Spaltöffnungen der von Nägeli angegebene Vorgang nicht stattfindet.

Die folgende Beschreibung und die Abbildungen (Tab. IV. Fig. 30—36) beziehen sich auf die Spaltöffnungen der Blätter von *Narcissus Jonquilla*, bei welchen im Wesentlichen ganz dieselben Erscheinungen, wie bei *Hyacinthus*, zu beobachten sind.

Was zuerst den von Nägeli angegebenen Punkt betrifft, dass ursprünglich alle Zellen der Epidermis gleich gross seien, dass alsdann ein Theil derselben sich in die Länge ausdehne, während die anderen, aus denen später die Spaltöffnungen hervorgehen und welche ich Spaltöffnungszellen nennen will, kleiner bleiben und blos in die Breite wachsen, so kann ich diesen Vorgang nicht ganz bestätigen. Anfänglich und zwar noch zu einer Zeit, in welcher die Epidermiszellen bereits weit länger, als die Spaltöffnungszellen in einem weit späteren Stadium sind, trifft man von den letzteren an der abgezogenen Epidermis noch keine Spur an. Dieselben treten erst später in der Schichte der Epidermiszellen auf und zwar nur scheinbar unter der Form von sehr schmalen, stark in die Breite gezogenen, viereckigen Zellen. Eine nähere Untersuchung lässt erkennen, dass man in denselben nicht gewöhnliche, im Wachsthum zurückgebliebene Epidermiszellen vor sich hat, dass ihre Form nicht viereckig ist, sondern dass sie rundlich sind, dass sie nicht in derselben Fläche mit den Epidermiszellen liegen, sondern dass die letzteren mit ihren Rändern über dieselben übergreifen und eine viereckige Lücke (Tab. IV. Fig. 30. *a*) frei lassen, in welcher ein verhältnissmässig ziemlich kleiner Theil der Spaltöffnungszelle, welche allen ihren Verhältnissen nach weit eher dem unterliegenden Parenchyme, als der Epidermis angehört, frei liegt [1]). Rings um diese Lücke sind die Epidermiszellen mit der Spaltöffnungszelle fest verwachsen [2]). Die Spaltöffnungszellen (Fig. 30. *b. b*) sind kugelförmig oder

1) Ich habe dieses Uebergreifen der Epidermiszellen über die Spaltöffnungszellen absichtlich in den übrigen Figuren nicht angedeutet, indem dadurch die Darstellung des Inhaltes der Zellen undeutlich geworden wäre, auch erkennt man dieses Verhältniss, wenn der Focus des Mikroskops auf den Inhalt der Spaltöffnungszelle eingestellt ist, nicht oder nur undeutlich; um es deutlich zu sehen, muss man auf die äussere Wand der Epidermis einstellen.

2) Es geschieht häufig beim Abziehen der Epidermis von sehr jungen Theilen der Blätter, dass man nicht die ganze Epidermis, sondern nur die äussere Wandung der Epidermiszellen unter der Form einer sehr zarten, zusammenhängenden Membran abzieht, in welchem Falle von der Spaltöffnungszelle nur der in der Lücke frei liegende Theil mit abgezogen wird, der ganze übrige Theil dagegen auf dem Parenchyme des Blattes zurückbleibt. Dieser Umstand muss bei Untersuchung dieser Theile wohl beachtet werden, weil man sich sonst nicht blos über die Form der Spaltöffnungszelle täuscht, sondern hauptsächlich dess-

quer elliptisch. In jeder liegt ein grosser Nucleus, in welchem nur mit Mühe und nicht immer ein deutliches Kernkörperchen unterschieden werden kann. Der übrige Raum der Zelle enthält eine schleimig körnige Substanz, welche besonders an den Wandungen der Zelle angehäuft ist und zum Theile in der Form von Strahlen mit der schleimigen Umhüllung des Nucleus in Verbindung steht. Lässt man Substanzen, welche eine Zusammenziehung des stickstoffhaltigen Inhaltes der Zelle veranlassen (wie Säuren, Alcohol, eine concentrirte Zuckerauflösung) auf die Zelle einwirken, so löst sich der Primordialschlauch [1]) von der Zellwandung ab; seine Zusammenziehung ist jedoch nicht so stark, als in den Epidermiszellen.

Bei weiter vorgeschrittener Entwicklung enthält die Spaltöffnungszelle anstatt des früher einfachen Nucleus zwei nebeneinander liegende Kerne (Fig. 30. *c*), zwischen welchen sehr bald eine zarte, oft kaum sichtbare Scheidewand auftritt (Fig. 31). Hier findet nun zwischen meiner und Nägeli's Erklärung des Entwicklungsganges die hauptsächliche Differenz statt. Vor allem ist die Frage zu lösen, was ist die Scheidewand, gehört sie der Spaltöffnungszelle an, oder besteht sie aus den aneinander liegenden Wandungen zweier neu gebildeter Tochterzellen? Die Entscheidung dieser Frage ist sehr schwierig. Der Uebergang der einfachen Zelle in die Doppelzelle scheint ungemein rasch zu erfolgen, indem nur sehr selten Formen, welche als Uebergangsbildungen betrachtet werden können, aufzufinden sind. Nägeli giebt selbst an, dass er die Entwicklung der Tochterzellen nicht habe beobachten können, er schliesst auf ihre Existenz aus Erscheinungen, welche er nach vollendeter Bildung der Scheidewand an der Doppelzelle bemerkte. Wenn er in dieser Beziehung angiebt, es erhelle die Zusammensetzung der Scheidewand aus den aneinander liegenden Wandungen zweier Tochterzellen daraus, dass sich die letzteren durch Endosmose von Wasser von der Mutterzelle lostrennen lassen und wenn er diesen Vorgang durch Abbildungen (l. c. Tab. IX. Fig. 23. 24) erläutert, so glaube ich mich in Folge meiner Untersuchungen berechtigt, durchaus zu läugnen, dass sich je die Spaltöffnungszelle durch Endosmose von der Scheidewand und zwei in ihr liegenden, diese Scheidewand bildenden Tochterzellen ablöst und dass je die Spaltöffnungszellen das Aussehen, wie sie in den angeführten Figuren dargestellt werden, zeigen, wenigstens hat mir lange und angestrengte Beobachtung, wobei ich die abgetrennte Epidermis nicht blos mit Wasser, sondern auch mit Alcohol, mit Jodtinctur, mit schwachen und

halb, weil an diesen verletzten Zellen die weiteren Veränderungen, die in den Zellen vorgehen, nicht beobachtet werden können. Ohne Zweifel hat sich Nägeli durch solche verletzte Zellen zu der Annahme verleiten lassen, dass viele Spaltöffnungszellen nicht zu voller Ausbildung gelangen und auf früheren Entwicklungsstufen stehen bleiben, was ich bei keiner der von mir untersuchten monocotylen Pflanzen bestätigt fand.

1) Mit dem Ausdrucke des *Primordialschlauches* bezeichne ich eine mit Jod sich gelb färbende, folglich aus stickstoffhaltender Substanz bestehende oder von derselben durchdrungene Haut, welche die Höhlung jugendlicher Zellen auskleidet, den gesammten Zellinhalt mit dem Nucleus einschliesst und in den meisten Fällen später wieder resorbirt wird. Diese Haut für eine blos künstlich hervorgebrachte Gerinnung eines schleimigen Ueberzuges der Zelle zu halten, wofür auf den ersten Blick eine grössere Wahrscheinlichkeit vorhanden zu sein scheint, hindert mich der Umstand, dass bei manchen Algen, namentlich bei *Zygnema* diese Haut auch ohne Anwendung künstlicher Mittel sichtbar ist (vgl. meinen Aufsatz über den Bau der vegetab. Zelle in d. botan. Zeitung. 1844. 273 u. flg.).

starken Säuren, concentrirten Salzauflösungen u. s. w. behandelte, niemahls auch nur eine Spur von den durch Nägeli angegebenen Vorgängen gezeigt. Während es nicht gelingt, durch Endosmose die Spaltöffnungszellen auszudehnen und von zwei in ihnen enthaltenen Tochterzellen zu trennen, so ist es dagegen sehr leicht, in der Höhlung der Spaltöffnungszelle durch Weingeist, Säuren u. s. w. zwei zellenähnliche Körper zur Zusammenziehung zu bringen. Ist dieses geschehen, so zeigt die Anwendung von Jod, dass diese vermeintlichen Tochterzellen sich gelb färben (Fig. 35. *a.*), dass sie daher gar keine Zellen, sondern Primordialschläuche sind, zugleich sieht man, was die Hauptsache ist, dass die Scheidewand über dieselben am obern und untern Ende hinausragt und unabhängig von ihnen mit der Wandung der Spaltöffnungszelle in Verbindung steht. Hiemit ist freilich noch nicht bewiesen, dass die Scheidewand der Spaltöffnungszelle angehört und dass sie nicht das Resultat der Verwachsung zweier, bei dieser Behandlungsweise nicht sichtbar werdender Tochterzellen untereinander und mit der Spaltöffnungszelle ist und dass sich nicht die Primordialschläuche in diesen Tochterzellen zusammengezogen haben; allein es spricht gegen die Annahme von Tochterzellen die bestimmte Thatsache, dass es unmöglich ist, die Entstehung derselben zu beobachten. Dass dieselben auf den Cytoblasten entstehen und sich ausdehnen, bis sie den Raum der Mutterzelle ausfüllen, ist unmöglich, denn dieser Vorgang wäre nothwendigerweise mit Verdrängung des schleimig-körnigen Inhaltes der Zelle und mit Bildung eines sich allmählig verkleinernden Intercellularganges rings um die Tochterzellen verbunden. Von solchen Vorgängen, welche bei einiger Aufmerksamkeit nicht übersehen werden könnten, sieht man hingegen keine Spur. Es bliebe also, um die Entstehung der Tochterzellen zu erklären, nur die Annahme übrig, dass dieselben gleich bei ihrer Entstehung die Mutterzelle ausfüllen und dass sich die Membran derselben unmittelbar auf der innern Wandung der Mutterzelle, um den Inhalt derselben niederschlagen würde. Zu dieser Annahme wären wir berechtigt, wenn es möglich wäre, die Tochterzellen von der Mutterzelle zu isoliren, und somit ihre Existenz zu constatiren; dieses gelang mir aber, wie gesagt, nicht und nach Nägeli's Beschreibungen und Zeichnungen bin ich überzeugt, dass es ihm ebensowenig gelungen ist. Da es nun aber eine billige Forderung ist, dass wir Zellen, an deren Existenz wir glauben sollen, mit dem Mikroskope auch sehen können und da wir weder für die eine noch für die andere Entstehungsweise dieser Zellen Bestätigung durch die Beobachtung finden können, so müssen wir, bis solches geschehen ist, die Existenz dieser Zellen läugnen und annehmen, dass sich die Scheidewand auf eine andere Weise bildet. Gewissheit über die Art, wie dieses geschieht, kann nur die Beobachtung verschiedener Entwicklungsstufen der Scheidewand geben, aber gerade dieser Punkt ist wegen der Anwesenheit einer reichlichen Menge von schleimig-körniger Masse in diesen Zellen, wenigstens mit Mikroskopen, welche nicht weit besser, als unsere gegenwärtigen sind, ungemein schwierig auszumitteln. Wäre es möglich, durch die Anwendung von Mineralsäuren den Inhalt der Zellen zu starker Contraction zu bringen, so wäre die Untersuchung sehr erleichtert. Leider gewinnt man aber durch diese Behandlung nicht viel, indem zwar allerdings diese Contraction erfolgt, aber zugleich die Zellwandung durch die Säuren zu stark aufgelockert wird, als dass man über ihre Beschaffenheit noch sichere Beobachtungen machen könnte. Bei Anwendung von Alcohol bleibt zwar die Zellwandung unverändert, allein der Zelleninhalt contrahirt sich zu wenig, um die Veränderungen,

welche an der Zellwandung vorgehen, mit völliger Bestimmtheit erkennen zu lassen. Unter diesen Umständen bleibt eine Unsicherheit in der Beobachtung und ich wage es desshalb nicht, den Vorgang, wie ich ihn aufgefasst habe, als einen über allen Zweifel erhabenen darzustellen, indem ich die Möglichkeit einer Täuschung von meiner Seite unbedingt zugebe. Soviel halte ich jedoch für sicher, dass die Umwandlung des Inhaltes der Spaltöffnungszelle damit beginnt, dass der Nucleus durch Theilung in zwei nebeneinander liegende Kerne zerfällt. Nägeli hält das für unwahrscheinlich und glaubt, es sei gewiss, dass der Nucleus resorbirt werde und dass sich später zwei neue Kerne bilden. Von Erscheinungen, welche auf diese Auflösung und die Bildung zweier neuer Kerne hinweisen, konnte ich bei Beobachtung von lauter unverletzten Spaltöffnungszellen (denn die auf die oben bemerkte Weise beim Abziehen der Epidermis verletzten, auf welche ich wiederholt aufmerksam machen will, indem mir die wahre Beschaffenheit derselben längere Zeit hindurch entgieng, eignen sich natürlicherweise zu weiteren Beobachtungen nicht) keine Andeutung finden. Nach der Theilung des Nucleus beginnt die Bildung der Scheidewand mit dem Erscheinen einer rings um die Zelle laufenden, in die Höhlung derselben vorspringenden Leiste. Auch Nägeli sah diese Leiste, hielt sie aber für einen Intercellulargang, welcher zwischen den Tochterzellen und der Spaltöffnungszelle verlaufe. Dieser Deutung widerspricht aber seine eigene Abbildung (l. c. fig. 25. *c.*), indem ein Intercellulargang so, wie er hier abgebildet ist, gar nicht existiren kann; es lässt nämlich Nägeli denselben in ziemlicher Entfernung von den Zellen, durch deren Wandungen zwei seiner Seiten gebildet werden sollen, verlaufen, welcher Umstand jede andere Erklärung eher zulässt, als die, es sei das fragliche Gebilde ein Intercellulargang. Gegen die Ansicht, dass diese Leiste ein Intercellulargang ist, sprechen zwei Umstände. Einmal ist es unmöglich, eine Höhlung in derselben zu beobachten, anderntheils scheint es, man könne in einzelnen Zellen, in welchen diese Leiste bereits ausgebildet ist, durch Einwirkung von Alcohol und Jod den schleimigen Zellinhalt als zusammenhängende Masse, welche jener Leiste entsprechend an beiden Enden einen seichten Ausschnitt hat, zur Contraction bringen. Wenn dieses der Fall ist, und ich glaube, dass ich mich hiebei nicht getäuscht habe, so ist es entschieden, dass jene Leiste nicht von der Membran zweier Tochterzellen gebildet ist, sondern dass sie von der Wandung der Spaltöffnungszelle selbst ausgeht, dass sie der erste Anfang einer noch unvollständigen Scheidewand ist. Ob nun, ehe sich die Scheidewand vollständig ausbildet, der Primitivschlauch sich theilt, oder ob diese Theilung mit der Bildung der Scheidewand gleichzeitig ist, war mir nicht möglich auszumitteln. Die vollendete Scheidewand bildet eine unmittelbare Fortsetzung der früher ringförmigen Leiste und schliesst sich scharfwinklig und, wie gesagt, ohne die geringste Andeutung eines Intercellularganges an die Wandung der Spaltöffnungszelle an (fig. 35).

Nach der Bildung der Scheidewand vergrössert sich die Doppelzelle rasch, die beiden Kerne liegen an der Scheidewand (fig. 32) an, der schleimig-körnige Inhalt füllt jetzt nur einen kleinen Theil der Zellhöhlung aus und ist hauptsächlich an der Peripherie der Zelle zu finden. Nun beginnt die Bildung der Spaltöffnung. Dass derselben die Ausscheidung eines Gasbläschens in der Scheidewand vorausgehe, dass also die Spaltung der Scheidewand in zwei getrennte Blätter vom Centrum derselben gegen ihren äussern und innern Seitenrand hin fortschreite, wie Nägeli angiebt, muss ich aufs bestimmteste in Abrede stellen. Die Spaltöffnung

entsteht dadurch, dass sowohl auf der oberen als unteren Seite der Spaltöffnungszelle sich über der Mitte der Scheidewand eine seichte und kurze Furche bildet, welche, indem sie tiefer und länger wird, von aussen nach innen in die Scheidewand eindringt, dieselbe in zwei Blätter spaltet und sich in eine trichterförmige, von beiden Seiten zusammengedrückte Höhlung verwandelt, welche später mit der der entgegengesetzten Seite in einer anfänglich kurzen (fig. 33), später zu einer Längenspalte ausgedehnten (fig. 34. 35. *b.*) Oeffnung zusammenmündet. Von einer Auflösung der Mutterzelle, welche die Nägeli'sche Theorie verlangt, konnte ich keine Spur bemerken, auch giebt Nägeli nicht an, an welchen Erscheinungen dieselbe erkennbar sein soll. Bei der ausgebildeten Spaltöffnung (fig. 36) sind die Kerne der Porenzellen aufgelöst und von Chlorophyll grün gefärbte Amylumkörner, welche unregelmässig in den Zellen zerstreut liegen, gebildet worden.

Es gereicht mir zu nicht geringer Befriedigung, dass mein verehrter Freund Unger bei seinen Untersuchungen über das Zerfallen der ursprünglich einfachen Spaltöffnungszelle in die zwei Porenzellen zu ganz ähnlichen Resultaten, wie ich, gekommen ist (bot. Zeit. II. 522).

XIX.

Ueber
die Cuticula der Gewächse.

(Aus der Linnaea. 1842. Hiezu Tab. IX und X.)

Zu den in Hinsicht auf Bau und Entwicklung noch höchst zweifelhaften Bildungen der Gewächse gehört die sogenannte Cuticula. Nachdem in Folge der Untersuchungen der letzten Jahrzehende die Ansicht, dass die Epidermis der Gewächse eine Zellenschichte und nicht eine einfache Membran sei, allgemein als richtig erkannt worden war, so zeigte unerwarteter Weise Ad. Brongniart (Ann. d. sc. nat. sec. série. I. 65), dass sich von der Oberfläche der Epidermis durch Maceration ein dünnes, homogenes oder körniges Häutchen ablösen lasse, welches von den Wandungen der Epidermiszellen verschieden sei, über die Grenzen derselben ohne Unterbrechung fortlaufe, die ganze Pflanze mit Ausnahme der Wurzelschwämmchen und der meisten Narben überziehe, und über den Spaltöffnungen durchbrochen sei. Diese Haut wird in den neueren Schriften unter dem Namen der Cuticula aufgeführt [1]).

Treviranus (Physiol. I. 448) bestätigte die Anwesenheit dieser äussern Haut, hielt sie jedoch nicht für eine eigenthümliche Membran, sondern glaubte, dass sie einer immerwährenden Ablagerung einer gerinnbaren Materie von innen oder von aussen zugeschrieben werden müsse.

Zu einer andern Erklärung über ihre Entstehung muss ich leider mich selbst als Urheber bekennen, nämlich zu der Ableitung der Cuticula aus einer die Epidermiszellen auf ihrer äussern Seite überziehenden Schichte von Intercellularsubstanz. Ich erkenne diese Ansicht, ungeachtet der Stütze, welche sie durch Valentin (Repertor. für Anat. u. Physiol. I. 100) erhalten hat, nun als durchaus irrig.

Link (phil. bot. edit. 2. I. 85) folgt der Ansicht von Brongniart, und spricht mit Bestimmtheit aus, dass man die Cuticula weder als die verwachsenen äussern Zellwandungen, noch als eine Ablagerung gerinn-

1) Link (Element. philos. bot. edit. 2. I. 83) führt die Entdeckung der Cuticula auf Ludwig zurück. Hieran ist richtig, dass Ludwig durch Maceration eine Membran von der Oberfläche der Pflanze ablöste, in welcher er keine Fasern wahrnehmen konnte. Allein hierauf beschränkt sich auch seine ganze Kenntniss von der Sache. Er kannte die eigentliche Epidermis nicht, indem er (instit. regni veget. edit. 2. §. 345) angiebt, dass die Rinde aus Cuticula und Parenchym bestehe; seine Ansicht ist also im Grunde dieselbe, wie die vieler früheren Phytotomen, dass die Oberhaut der Pflanzen eine einfache Membran sei. Die Unterscheidung der Cuticula und der Epidermis wurde erst von Ad. Brongniart begründet.

barer Materie ansehen dürfe, wobei er sich auf die scharfe Grenze zwischen der Cuticula und den unterliegenden Zellen, so wie auf die abweichende Färbung, welche sie bei einigen Pflanzen zeigt, stützt.

Zu einem gänzlich verschiedenen Resultate gelangte MEYEN (Wiegm. Archiv. 1837. I. 221. Physiol. I. 176) bei seinen Untersuchungen, indem er in der Cuticula nur die verdickte äussere Wandung der Epidermiszellen sah.

Dieser Erklärung widerspricht nun SCHLEIDEN, indem er mit TREVIRANUS die Cuticula für eine von den Epidermiszellen secernirte Masse erklärt (Grundzüge d. wiss. Botanik. I. 288). Er giebt an, es zeige sich zuerst eine gelatinose Substanz in den Fugen zwischen den einzelnen Zellen, welche erhärte und so ein Fasernetz bilde; später bedecken sich die ganzen Zellen mit einer solchen Schichte, welche sich mit jenem Netze verbinde und ebenfalls schnell erhärte; nun sondern die Epidermiszellen auf ihrer Oberfläche einen weniger festen und dichten Stoff ab, der jene erste Schichte mit dem Fasernetze in die Höhe hebe und allmählig zu einer bedeutenden Dicke anwachse.

Diese Verschiedenheit der Ansichten veranlasste mich, eine Reihe von Beobachtungen über diesen Gegenstand anzustellen, deren Resultat ich im Folgenden darzustellen versuche.

Wenn man den Querschnitt einer Epidermis mit Jod behandelt, so bleiben in den meisten Fällen die Wandungen der Epidermiszellen ungefärbt, und nur in einzelnen Fällen, z. B. beim Blatte von *Cycas revoluta* (Fig. 29), *Hakea pachyphylla* (Fig. 19), *Elymus arenarius* (Fig. 1) nehmen sie eine mehr oder weniger tiefe gelbe Färbung an; immer wird dagegen eine auf der Oberfläche der Epidermis liegende dünnere oder dickere Schichte durch Jod tief gelb oder braun gefärbt. Bringt man die mit Jod behandelte Epidermis in Schwefelsäure, so lösen sich die farblos gebliebenen Zellhäute auf, wobei sie in vielen Fällen eine schöne Indigofarbe annehmen; die gelbgefärbte äussere Schichte (die Cuticula) dagegen bleibt unaufgelöst. Hierbei verhält sie sich nicht bei allen Pflanzen genau auf dieselbe Weise; in den meisten Fällen zeigt die Schwefelsäure gar keine Einwirkung, in andern ändert sich die Farbe der Cuticula in ein dunkleres Braun um, welches oft nach einiger Zeit verschwindet, in andern Fällen lockert sich die Cuticula etwas auf, ohne sich wirklich aufzulösen, wobei sich gewöhnlich viele Luftbläschen in der Substanz derselben entwickeln, ohne Zweifel in Folge der Zersetzung eingelagerter kohlensaurer Salze.

Bei Untersuchung zarter Querschnitte von weichen Organen, welche nicht mit einer lederartigen Epidermis überzogen sind, z. B. von häutigen Blättern, krautartigen Stengeln, von Blumenblättern, Filamenten, Ovarien, findet man gewöhnlich die äussere, mit Jod sich gelb färbende Schichte sehr dünn. Die Häute der Epidermiszellen sind entweder alle von ungefähr gleicher Dicke, z. B. *Elymus arenarius* (Fig. 1), *Vanilla planifolia* (Fig. 4), *Helleborus foetidus* (Fig. 6. 7), oder es ist die äussere Wandung der Epidermiszellen bedeutend dicker, als die seitlichen und inneren Wandungen, z. B. bei den Blättern von *Iris fimbriata* (Fig. 9), *Dianthus plumarius* (Fig. 8), bei den Filamenten von *Tulipa Gesneriana* (Fig. 10).

Die Cuticula stellt sich in allen Fällen als eine zusammenhängende Membran dar, an welcher an den Grenzen zwischen zwei unterliegenden Epidermiszellen kein Merkmal aufzufinden ist, dass sie aus einzelnen Stücken, welche den äusseren Zellwandungen entsprechen, zusammengesetzt ist. Die äussere Fläche der

Cuticula ist entweder vollkommen glatt, oder mit geraden (*Rumex Patientia* Fig. 3) oder unregelmässig verzweigten (*Helleborus foetidus* Fig. 5) erhabenen Linien versehen, welche häufig ohne Unterbrechung sich über die Grenzlinien der Zellen fortsetzen, oder sie ist mit kleineren oder grösseren Körnern besetzt, wie dieses besonders bei vielen Haaren sich findet, z. B. bei denen von *Campanula Medium*, von vielen Boragineen u. s. w. Diese Körner zeigen auf den Haaren häufig eine spiralige Anordnung, und gehen nicht selten in dem unteren Theile des Haares durch Streckung in schief verlaufende Längenstreifen über, woraus deutlich erhellt, dass die erhabenen Linien und die isolirten Körner Bildungen gleicher Art sind, und sich nur durch ihre Form von einander unterscheiden. Auf dem Querschnitte (Fig. 6. Blatt von *Helleborus foetidus*, Fig. 8. Blatt von *Dianthus plumarius*) erkennt man, dass diese erhabenen Streifen mit einer Faltung der ganzen Haut in Verbindung stehen.

Die Epidermiswandungen sind in vielen Fällen getüpfelt, gewöhnlich (z. B. *Vanilla planifolia* Fig. 4) nur auf den Seiten- und innern Wandungen, seltener auch auf der äusseren Wandung, z. B. bei *Cycas revoluta* (Fig. 29) und bei *Elymus arenarius* Fig. 1 [1]). Bei denjenigen Zellen, bei welchen die äussere Wandung dichter als die Seitenwandungen ist, scheint die Ablagerung von secundären Schichten, in welcher diese Verdickung der äusseren Wandung begründet ist, nicht in allen Fällen auf dieselbe Weise zu erfolgen. Bei manchen Pflanzen, z. B. bei *Dianthus* (Fig. 8), setzen sich nämlich die secundären Schichten der Seitenwandungen deutlich in diejenigen secundären Schichten fort, welche in der äussern Zellwandung unmittelbar unter der primären Membran liegen, und es finden sich an der äussern Wandung unter den eben bemerkten Schichten noch weiter nach innen gelegene Ablagerungen, welche sich nicht auf die Seitenwandungen fortsetzen, oder deren auf die Seitenwandungen übertretende Fortsetzungen so dünn sind, dass sie nicht nachgewiesen werden können. Bei andern Pflanzen dagegen, z. B. bei *Tulipa* (Fig. 10), gehen die secundären Schichten der Seitenwandungen in die innersten Schichten der äussern Wandung über, und es findet sich ausserhalb derselben noch eine Anzahl von Schichten, welche bloss auf der äussern Wandung, und nicht auf den Seitenwandungen abgelagert sind. Diese letztere Bildung könnte leicht glauben lassen, dass die Epidermiszelle nur aus den innersten, die Zellhöhlung rings umkleidenden Schichten bestehe, und dass alle auf der äussern Fläche derselben abgelagerten Schichten nicht der Zellwandung selbst angehören, sondern auf der äussern Fläche der Epidermis secernirte Schichten seien. Die Betrachtung der weiter unten angeführten Formen, z. B. der Epidermis von *Hakea pachyphylla*, wird dagegen das Irrige einer solchen Erklärung nachweisen, und zeigen, dass alle die Schichten secundäre Ablagerungen in der Zellhöhlung sind.

Ein von dem bisher betrachteten scheinbar wesentlich verschiedener Bau findet sich bei der Epidermis vieler dicker, fleischiger oder lederartiger Blätter. Hier findet man die äussere Wandung der Epidermiszellen im Verhältnisse zu den übrigen Wandungen derselben auffallend dick, und es färbt sich bei der Behandlung mit Jod nicht nur eine dünne, auf die Epidermis aufgelagerte Haut gelb, sondern es nimmt beinahe die

1) In Folge des bei den Gräsern gewöhnlichen zackigen Ineinandergreifens der Epidermiszellen (Fig. 2) an den Grenzen der äussern und der Seitenwandungen kommt bei *Elymus* eine eigenthümliche Kreuzung der im Winkel dieser Wandungen liegenden Tüpfelkanäle mit denen der anliegenden Zelle vor (Fig. 1. *a*).

ganze Masse der äussern Epidermiswandung diese Färbung an, auch widersteht diese ganze dicke Schichte der Einwirkung der Schwefelsäure. Der wesentliche Unterschied der Cuticula dieser Blätter von der Cuticula der dünnen Blätter besteht jedoch nicht in ihrer Masse, sondern in dem Umstande, dass sie, anstatt eine homogene Schichte zu bilden, eine Zusammensetzung aus verschiedenen Theilen zeigt. Man sieht nämlich auf einem dünnen und reinen Querschnitte, z. B. bei *Aloë obliqua* (Fig. 12), die Seitenwandungen der Epidermiszellen durch die Cuticula sich fortsetzen, und in eine, die Epidermis auf ihrer äussern Seite bedeckende Membran übergehen. Es kann somit keinem Zweifel unterworfen sein, dass hier die Cuticula, weit entfernt, eine auf der äussern Fläche der Epidermis aufgelagerte, gleichförmige Membran zu sein, aus den vereinigten äussern Wandungen der Epidermiszellen und einem Theile der in den Zellenhöhlungen abgelagerten, secundären Membranen besteht, und dass die chemischen Eigenschaften der Cuticula einer Metamorphose der Zellenmembran zuzuschreiben sind, welche nur in den nach aussen gelegenen Theilen der Epidermiszellen eintritt.

Bei diesem Baue kommen nun mancherlei kleinere Abweichungen vor; bald zeigt die Substanz der ganzen äusseren Zellwandung und der Seitenwandungen, so weit sie zwischen den secundären Schichten liegen, die Charaktere der Cuticula, z. B. bei *Hoya carnosa* (Fig. 14); bald liegt auf der innern Seite der Cuticularschichten, so weit sie die äussere Wandung und einen Theil der Seitenwandungen der Epidermiszellen bilden, eine Schichte ungefärbten Membranenstoffes auf, z. B. *Aloë obliqua* (Fig. 12); bald überzieht diese innere ungefärbte Schichte alle Seiten der Epidermiszellen, und scheint auf den ersten Anblick die ganzen Zellwandungen zu bilden, z. B. *Arbutus Unedo* (Fig. 11), *Cactus triangularis* (Fig. 13), *Viscum album* (Fig. 16); bald sind die primären Seitenwandungen der Zellen so weit in Cuticularmasse verwandelt, als sie von gelben secundären Schichten überzogen sind, wie bei *Aloë obliqua* (Fig. 12), bald erstreckt sich diese Umwandlung in den primären Seitenwandungen tiefer einwärts, als in den secundären Schichten, und es springen desshalb die ersteren zwischen den ungefärbten, secundären Seitenwandungen unter der Form von Lamellen vor, wie bei *Arbutus Unedo* (Fig. 11).

Wenn die gelbe Masse, welche den äussern Theil der Zellenhöhle ausfüllt, gleichförmig erscheint, wie in den eben angeführten Fällen, so überzeugt man sich nicht leicht davon, dass man es hier mit secundären Zellmembranen zu thun hat, man kann im Gegentheile, besonders bei solchen Formen, bei welchen die ungefärbten innersten Schichten geschlossene Blasen bilden, wie bei *Viscum* (Fig. 16), auf den Gedanken kommen, dass diese ungefärbten Häute die ganzen Epidermiszellen darstellen, und dass die gelbe oder braune äussere Masse eine von den Zellen nach aussen abgesetzte Ablagerung sei, kurz durch diese Bildungen die von Treviranus und Schleiden aufgestellte Ansicht bewiesen glauben. Es liegt nämlich in diesen Fällen blos in der Anwesenheit der primären Zellwandung auf der äussern Fläche der Cuticula, so wie in dem Umstande, dass die primären Membranen der Seitenwandungen bis zu dieser äussern Haut durch die Cuticula durchlaufen, ein Anzeichen dafür, dass die gelben Schichten innerhalb und nicht ausserhalb der Epidermiszellen abgelagert sind. Da sich aber diese Bildung auch auf eine andere Weise, freilich, wie es mir scheint, nur auf eine gezwungene Art, erklären liesse, so müssen wir uns nach Beispielen umsehen, welche weniger

zweideutig sind. Diese liefern folgende Beobachtungen. Bei der Epidermis des Stammes von *Kleinia nerii-folia* fehlt, wie bei *Hoya carnosa*, die innere ungefärbte Schichte, welche so leicht für die ganze Epidermis-zelle gehalten wird, und es zeigt sich die äussere, verdickte, von Jod braungefärbte Membran sehr deutlich aus vielen über einander liegenden Schichten zusammengesetzt, welche auf der äussern Wandung der Zelle in der Zellenhöhlung abgelagert sind, und durch welche die Fortsetzung der Seitenwandungen der Epidermis als zusammenhängende Membran bis zur äussern Fläche sich hinzieht (Fig. 15.). Dieselbe Erscheinung tritt bei der Epidermis des Blattes von *Hakea pachyphylla* ein (bei welchem jene innere Schichte zwar vorhanden ist, sich aber mit Jod, wie die eigentliche Cuticula, gelb gefärbt, und sich durch ihre Tüpfel als secundäre Membran ausweist, Fig. 19.), wenn die Epidermis mit Schwefelsäure behandelt wird (Fig. 20.), indem sich nun ebenfalls eine deutliche Schichtung in der, in der Zellenhöhle abgelagerten Masse zu erkennen giebt. Bei der Epidermis von *Hakea gibbosa* (Fig. 18.) ist nicht nur ohne Behandlung mit Schwefelsäure die Schichtung im grössten Theile dieser ausfüllenden Masse deutlich, sondern es findet sich auch in derselben eine grosse Anzahl von strahlenförmig aus einander tretenden, engen Tüpfelkanälen, welche keinen Zweifel über die wahre Beschaffenheit derselben lassen. In manchen Fällen, wie bei *Taxus baccata* (Fig. 17.), weist auch die verschiedene Färbung, welche die inneren und die äusseren Theile der Cuticula auf die Einwirkung von Jod annehmen, auf eine ähnliche Schichtung hin.

Wenn sich in diesen Fällen mit höchster Evidenz nachweisen lässt, dass die Cuticula von den äusseren, verdickten Wandungen der Epidermiszellen gebildet wird, so ist dieses bei sehr vielen andern, mit einer dicken Cuticula versehenen Gewächsen nicht mit derselben Leichtigkeit zu erkennen, weil die verschiedenen Theile, welche zu der Cuticula beitragen, mehr oder weniger vollständig zu einer homogenen Masse verschmolzen sind.

Wir müssen hier mehrere Modificationen unterscheiden.

A. Bei manchen Pflanzen, z. B. *Sanseviera zeylanica* (Fig. 21.), *Nerium Oleander* (Fig. 22.), *Agave lurida* (Fig. 23.) ist die primäre Zellwandung als besondere Schichte zu erkennen, ebenso sind an der vorderen Wandung und an der äusseren Hälfte der Seitenwandungen der Epidermiszellen mehrere Lagen von secundären Zellmembranen zu unterscheiden, von welchen die innerste durch Jod nicht gefärbt wird, während die weiter nach aussen gelegene Schichte bräunlich wird. Zwischen diesen Schichten und der primären Wandung findet sich eine mehr oder weniger dicke, heller gefärbte, homogene Schichte. Vergleicht man diese Bildungen mit der Epidermis von *Taxus baccata* (Fig. 17.), so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass diese mittlere homogene Schichte aus den äussersten secundären Membranen der Epidermiszellen besteht, welche eine so innige Verbindung unter einander eingegangen haben, dass die Grenzen zwischen den verschiedenen Zellen nicht mehr sichtbar sind.

B. Sind im vorhergehenden Falle bei sichtbarer Schichtung der Zellwandung die Zellen seitlich unter einander bis zum Verschwinden jeder Spur der ursprünglichen Trennung verschmolzen, so findet umgekehrt in andern Fällen bei deutlicher Erhaltung der Grenzlinien zwischen den verschiedenen Zellen eine vollkom-

mene Verschmelzung der verschiedenen gelbgefärbten Schichten derselben Zelle statt, z. B. *Phormium tenax* (Fig. 31.), *Aloë margaritifera* (Fig. 25. 26.).

C. Endlich kommt es vor, dass diese innige Verschmelzung sowohl der Schichten jeder einzelnen Zelle, als der verschiedenen Zellen unter einander sich zusammenfinden, so dass die Cuticula eine ganz gleichförmige Masse bildet. Diese innige Verschmelzung findet sich bald nur in den äussern Schichten der Cuticula, während in den tiefer gelegenen noch eine Unterscheidung der einzelnen Zellen und Membranen möglich ist, z. B. bei *Ephedra distachya* (Fig. 28.), *Ilex Aquifolium* (Fig. 24.), bald findet sie sich durchaus in der ganzen Cuticula, wie bei *Phormium tenax* (Fig. 27.*), *Lomatophyllum borbonicum* (Fig. 30.), *Ruscus aculeatus* (Fig. 32.), *Cycas revoluta* (Fig. 29.).

Mit dieser letzten Form sind wir bei einer Modification der Cuticula angekommen, welche im wesentlichen mit der Cuticula der weichen, krautartigen Theile, von welcher wir ausgegangen sind, übereinstimmt. In beiden Fällen stellt sich die Cuticula als eine homogene Membran dar, welche die Epidermiszellen auf ihrer äussern Seite überzieht, mit dem einzigen Unterschiede, dass sie bei den dicken, lederartigen Blättern einer *Cycas* eine dicke, bei den dünnen Blättern eines *Dianthus* eine dünne Lage bildet, und dass bei den dicken Blättern die Cuticula meistens zwischen den Epidermiszellen zugeschärfte Verlängerungen einwärts schickt. Wenn nun die angeführten Beobachtungen nachweisen, dass die Cuticula der lederartigen Blätter keine eigenthümliche Membran ist, sondern aus der Vereinigung der primären Zellmembran und einer grösseren oder geringeren Menge von secundären Schichten der Epidermiszellen besteht, so sind wir gezwungen, dieselbe Entwicklung auch für die dünne Cuticula der krautartigen Blätter anzunehmen.

Bei allen bisher betrachteten Formen der Cuticula lag dieselbe auf der äussern Seite der Epidermiszellen, oder war vielmehr durch Verdickung ihrer äussern Wandungen gebildet. Eine Ausnahme hievon macht die Cuticula der Blätter von *Billbergia zebrina* (Fig. 33.) und *Bromelia Ananas*, indem hier die äussere Wandung der Epidermiszellen nur eine mässige, die innere Wandung dagegen eine starke Verdickung zeigt, und zugleich die unterliegende Zellschichte auf ihrer äussern Seite verdickte Wandungen besitzt, so dass die hiedurch gebildete Cuticula zwischen zwei Reihen von Zellhöhlungen liegt.

Die Verbindung der Cuticula mit den übrigen Membranen der Epidermiszellen ist bei den Blättern und beim Stamme eine sehr innige; ganz anders verhält es sich mit der Cuticula der Narbenpapillen mancher Gewächse, indem sie einen grösseren Umfang als die von ihr eingeschlossene, aus secundären Membranen gebildete Zelle besitzt, wie z. B, sehr schön bei *Convallaria multiflora*, *Papaver orientale* und *Glaucium luteum* zu sehen ist. Nach der Angabe von Hartig (neue Theorie der Befrucht. der Pfl. S. 23.) bekleidet in diesen Fällen die Cuticula nicht das ganze Haar, sondern tritt da, wo ein Haar an seiner Basis sich an benachbarte Haare anschliesst, ohne Unterbrechung auf diese über, bildet daher für alle einen gemeinschaft-

1) Ich habe zwei Abbildungen der Epidermis von Phormium tenax gegeben (Fig. 27. und 31.); beide sind nach Praeparaten von demselben Blatte, aber von den verschiedenen Seiten desselben, gefertigt. Obgleich das Blatt dieser Pflanze keine obere und untere Seite besitzt, sondern beide Blattflächen der Unterfläche entsprechen, so ist doch die Epidermis beider Blattseiten nicht gleich. Dasselbe kommt auch bei den Blättern mancher Irisarten vor.

lichen Ueberzug. Dieses kann ich nicht bestätigen, indem ich bei den eben genannten Pflanzen, und namentlich bei *Papaver orientale* (Fig. 34.) die Epidermispapillen von einander trennte, und nun mit Bestimmtheit die Membran unter der Form einer geschlossenen Zelle das ganze Haar umgeben sah. Der Zwischenraum zwischen der äussern dünnen Membran (*a.*), welche sich mit Jod gelb färbt, und der innern dicken, von Jod meist nicht färbbaren, secundären Membran (*b.*) ist mit Flüssigkeit erfüllt, durch welche sich die Pollenschläuche, nachdem sie die äussere Membran durchbrochen haben, hinabziehen.

Ungeachtet die im Bisherigen angeführten Thatsachen den Schluss, dass die Cuticula von den äusseren Schichten der Epidermiszellen gebildet wird, vollkommen rechtfertigen, so erschien mir doch längere Zeit hindurch diese Ableitung als sehr zweifelhaft, weil die erhabenen Linien, welche sich bei sehr vielen Pflanzen auf der Cuticula finden, häufig ohne alle Unterbrechung von einer Zelle auf die andere übergehen (vgl. die Cuticula des Stengels von *Rumex Patientia* Fig. 3. und des Blattes von *Helleborus foetidus* Fig. 5.) Es schien mir dieses aus dem Baue der einzelnen Epidermiszellen nicht abzuleitende Verhältniss eher darauf hinzudeuten, dass die Cuticula als eine besondere Membran zu betrachten sei. Diesem widersprach aber nun zu sehr das Ergebniss der oben angeführten Beobachtungen, als dass ich diese Ansicht hätte für richtig erkennen können; auch scheint in der That das Fortlaufen der erhabenen Linien über die Zellengrenzen bei genauerer Betrachtung nicht im Widerspruche mit der oben gegebenen Darstellung von der Entstehung der Cuticula zu sein.

Die Untersuchung der Epidermis in verschiedenen Altersperioden zeigt, dass die Epidermiszellen jugendlicher Organe völlig glatt sind, und dass erst nach Ablagerung von secundären Zellschichten in denselben, und nach Umwandlung ihrer Oberfläche in eine charakteristische Cuticula jene Erhabenheiten in Form von fortlaufenden Linien oder von isolirten Körnern sichtbar sind. Die Entstehung derselben ist also die Folge eines erst bei vorgeschrittener Entwicklung in den äussern Schichten der Epidermis eintretenden partiellen Wachsthumes. Dieses Wachsthum und die Erhebung der äussern Fläche in Papillen und Streifen scheint in engem Zusammenhange mit der chemischen Metamorphose, welche die Zellmembran bei ihrer Umwandlung zur Cuticula erleidet, zu stehen, wenigstens spricht hiefür der Umstand, dass bei manchen Aloëarten, z. B. *Aloë margaritifera*, die innere Seite der Cuticula in ähnliche Warzen, wie sonst die äussere Fläche, erhoben ist (Fig. 26. *a.*), während die innerste, durch Jod nicht färbbare Schichte vollkommen eben ist. Da nun mit dem Alter die Cuticula an Dicke zunimmt, und da diese Zunahme nur durch Umwandlung der in Schwefelsäure auflöslichen Schichten in Cuticularmasse vor sich gehen kann, so scheint diese Umwandlung nicht blos in einer chemischen Metamorphose der Zellmembran zu bestehen, sondern auch mit einer Structurveränderung verbunden zu sein. Die in die Cuticula umgewandelten Membranen treten in Folge dieser Metamorphose gleichsam als ein besonderes, von den Epidermiszellen durch Substanz und Structur verschiedenes Organ auf. Der von jeder einzelnen Epidermiszelle abstammende Theil der Cuticula tritt mit den nebenliegenden, von andern Zellen abstammenden Theilen in so innige Verbindung, dass nicht blos in vielen Fällen für das Auge die Grenzlinien verschwinden, sondern dass auch das Wachsthum, welchem jene erhabenen Streifen ihre Entstehung verdanken, ein gemeinschaftliches wird. Es treten auf diese

Weise die von verschiedenen Zellen abstammenden Cuticularschichten zu einem gemeinschaftlichen, zusammengesetzten Organe zusammen, etwa auf ähnliche Weise, wie die Seitenwandungen einer langen Reihe von Gefässschläuchen, nach dem Verschwinden ihrer Scheidewände ein zusammengesetztes Organ, das Gefäss, bilden. Dieser Umstand rechtfertigt es vollkommen, wenn wir die Cuticula unter besonderem Namen als eine eigene Haut von der Epidermis unterscheiden, wenn gleich, wie ich hoffe, die obigen Beobachtungen beweisen sollten, dass sie aus den äusseren Wandungen der Epidermiszellen selbst gebildet ist.

Erklärung der Abbildungen auf Tab. IX. und X.

Die unter jeder Figur stehende Zahl zeigt die Stärke der Vergrösserung an.

Fig. 1 und 2. Epidermis des Blattes von *Elymus arenarius.*
Fig. 3. Epidermis des Stamms von *Rumex Patientia.*
Fig. 4. Epidermis des Blattes von *Vanilla planifolia.*
Fig. 5 — 7. Epidermis des Blattes von *Helleborus foetidus.*
Fig. 8. Epidermis des Blattes von *Dianthus plumarius.*
Fig. 9. Epidermis des Blattes von *Iris fimbriata.*
Fig. 10. Epidermis des Filamentes von *Tulipa Gesneriana.*
Fig. 11. Epidermis des Blattes von *Arbutus Unedo.*
Fig. 12. Epidermis des Blattes von *Aloë obliqua.*
Fig. 13. Epidermis des Stammes von *Cactus triangularis.*
Fig. 14. Epidermis des Blattes von *Hoya carnosa.*
Fig. 15. Epidermis des Stammes von *Kleinia neriifolia.*
Fig. 16. Epidermis des Blattes von *Viscum album.*
Fig. 17. Epidermis des Blattes von *Taxus baccata.*
Fig. 18. Epidermis des Blattes von *Hakea gibbosa.*
Fig. 19. Epidermis des Blattes von *Hakea pachyphylla.*
Fig. 20. Dieselbe mit Schwefelsäure behandelt.
Fig. 21. Epidermis des Blattes von *Sanseviera zeylanica.*
Fig. 22. Epidermis des Blattes von *Nerium Oleander.*
Fig. 23. Epidermis des Blattes von *Agave lurida.*
Fig. 24. Epidermis des Blattes von *Ilex Aquifolium.*
Fig. 25. und 26. Epidermis des Blattes von *Aloë margaritifera.*
Fig. 27. Epidermis des Blattes von *Phormium tenax.*
Fig. 28. Epidermis eines jungen Zweiges von *Ephedra distachya.*
Fig. 29. Epidermis des Blattes vor *Cycas revoluta.*
Fig. 30. Epidermis des Blattes von *Lomatophyllum borbonicum.*
Fig. 31. Epidermis des Blattes von *Phormium tenax.*
Fig. 32. Epidermis des Blattes von *Ruscus aculeatus.*
Fig. 33. Epidermis des Blattes von *Billbergia zebrina.*
Fig. 34. Narbenhaare von *Papaver orientale.*

XX.

Ueber den Bau der grossen getüpfelten Röhren von Ephedra.

(Aus der Linnaea 1831).

Es ist einem Jeden, der sich mit der Anatomie der Gewächse beschäftigt, bekannt, dass sich die Coniferen und Cycadeen von den übrigen Gewächsen durch den Bau ihres Holzkörpers auf eine nicht weniger auffallende Weise, als durch die Organisation ihrer Fructificationstheile unterscheiden, und dass die Stimmen noch darüber getheilt sind, ob das Holz dieser Pflanzen nur aus Gefässen, oder nur aus Zellen, oder ob es aus beiden zugleich bestehe.

Um über den Bau des Holzes der Cycadeen und Coniferen endlich einmal ins Reine zu kommen, ist es vor allem nöthig, die verschiedenen Abweichungen des Baues, welche die organischen Systeme bei den verschiedenen Arten dieser Familien zeigen, genau zu untersuchen, indem sich hoffen lässt, dass manche, von den porösen Zellen unserer Tannen abweichende Bildung anderer Coniferen, den Uebergang zu bekannten Bildungen darstellt, und uns so über die wahre Beschaffenheit jener Formation Aufklärung verschafft.

Als eine der auffallendsten von diesen, nur einzelnen Coniferen zukommenden Bildungen, müssen die weiten, getüpfelten Röhren von *Ephedra,* welche in Verbindung mit den engen (den porösen Röhren der Tannen ähnlichen) Röhren das Holz dieser Pflanzen bilden, betrachtet werden; vielleicht gelingt es mir, im Folgenden, zwischen dieser bisher isolirt stehenden, und anderen, allgemein bekannten Bildungen eine Analogie nachzuweisen.

Wir verdanken bekanntlich Kieser die Entdeckung dieser Röhren; es beschreibt sie derselbe (Phytot. p. 147.) als gefässartige Röhren, welche mit runden Oeffnungen besetzt seien, welche letztere sich deutlicher an den gegen die Markstrahlen zu gekehrten Seiten zeigen.

Eine weitere Untersuchung des Holzes von *Ephedra* (*distachya*) machte Meyen (Phytotomie p. 130. 131.) bekannt. Er giebt an, die Zellen dieser Pflanze seien wie die sogenannten porösen Zellen von *Pinus* mit Wärzchen bedeckt, welche sehr klein und (mit Ausnahme derer an einzelnen Zellen) nur mit Einem Kreise versehen seien. Die Jahresringe fehlen nach seiner Angabe. Einige Zellen sollen sich nun an dieser oder jener Stelle des Holzes zu dem 2—3fachen ihres Volumens vergrössern, und dann mit doppelten Reihen von Wärzchen besetzt sein. Diese Wärzchen seien bedeutend grösser, als bei den übrigen Coniferen-Gattungen, dennoch aber nur mit Einem Kreise bezeichnet.

Das Resultat meiner Untersuchungen stimmt mit dem von den angeführten Schriftstellern Angegebenen nur sehr wenig überein.

Was die engeren, sogenannten Prosenchymzellen des Holzes von *Ephedra* (*monostachya*) betrifft, so fand ich durchaus immer die Tüpfel derselben nicht von Einem, sondern, wie bei *Pinus* etc. von zwei Kreisen gebildet. Die Tüpfel verdanken auf dieselbe Weise, wie ich es in meiner Schrift über die Poren des Pflanzenzellgewebes von *Pinus* beschrieb, ihre Entstehung einem Auseinandertreten der Wandungen der aneinanderliegenden Gefässe (äusserer Kreis), und einer Verdünnung dieser Wandungen selbst (innerer Kreis). Tab. XI. Fig. 12. stellt einen Querschnitt dieser Röhren dar, auf welchem man an den durchschnittenen Tüpfeln die innere Höhle, und die in das Innere der Zellen sich mündenden Canäle sehen kann.

In so ferne zeigen jedoch diese Röhren einen abweichenden Bau von denen von *Pinus, Thuya, Juniperus, Cycas, Zamia,* als sie auch auf den gegen Mark und Rinde gekehrten Seiten mit Tüpfeln besetzt sind, wie an vielen Stellen der angeführten Figur zu sehen ist.

Die Behauptung Meyen's, dass das Holz von *Ephedra* gleichförmig sei, und keine Jahrringe zeige, finde ich nicht bestätigt. Es zeigen allerdings die den äussern Theil der Jahrringe bildenden Röhren in so ferne keine so auffallenden Verschiedenheiten von den übrigen (wie bei *Pinus*), als dieselben, gleich den übrigen mit Tüpfeln besetzt sind; allein sie unterscheiden sich dennoch dadurch sehr auffallend, dass sie in der Richtung von der Rinde gegen das Mark zu zusammengedrückt sind (Fig. 12. a. a.), und zugleich dickere Wandungen zeigen, als die den innern Theil des Jahrringes bildenden Zellen (Fig. 12. b. b.).

Noch auffallender werden die Jahrringe dadurch, dass in dem innersten Theile eines jeden derselben (mit Ausnahme des innersten) die weiten porösen Zellen (Fig. 12. c.) liegen. Dass diese im ganzen Holze unregelmässig zerstreut sind, wie Meyen angiebt, konnte ich nie bemerken.

Was nun den nähern Bau dieser weiten Röhren anbetrifft, so fand ich, dass dieselben aus ziemlich kurzen, mit schiefen Scheidewänden übereinanderstehenden Schläuchen bestehen, und dass die Wandungen derselben, weit entfernt, mit den von Kieser und Meyen beschriebenen einfachen Kreisen besetzt zu sein, auf allen Seiten, jedoch nicht sehr dicht mit doppelten Kreisen, gerade wie die engeren Röhren des Holzes besetzt sind (Fig. 11. a. a.), und dass diese Tüpfel in Längenreihen, entsprechend dem Verlaufe der anliegenden engeren Röhren liegen.

Die einfachen Kreise fand ich dagegen auf den in diagonaler Richtung verlaufenden Scheidewänden. Wenn das Gefäss enge, und daher die Scheidewand schmal ist, so findet sich nur eine einzige Reihe dieser Kreise, in der Regel findet man jedoch 2 Reihen solcher Kreise nebeneinander (Fig. 11. b.); in selteneren Fällen, wenn die Scheidewand breiter ist, und eine mehr der runden Form sich nähernde Ellipse bildet, kommen auch 3 Reihen solcher Kreise vor.

Da die Scheidewand in der Regel gegen die Achse des Gefässes in einem ziemlich spitzen Winkel geneigt ist (Fig. 11.), so bildet sie in den meisten Fällen eine sehr in die Länge gezogene Ellipse, und kann auf Längenschnitten leicht für einen Theil der Wandung des Gefässes selbst gehalten werden, wie es auch von den genannten Phytotomen geschehen ist.

Was nun die nähere Beschaffenheit dieser Kreise anbetrifft, so hat KIESER vollkommen Recht, wenn er sie für Oeffnungen erklärt. Dieses kann man leicht an solchen Präparaten beobachten, bei welchen ein durch die Scheidewand gehender Schnitt einige dieser Kreise durchschneidet (Fig. 11.); in diesen Fällen lässt sich leicht sehen, dass keine Membran über diese Kreise hinweggespannt ist.

Die Lage dieser Scheidewände ist in der Regel so, dass ihre Fläche in der Richtung der Markstrahlen liegt, desshalb kann man auf einem mit den Markstrahlen parallel geführten Längenschnitte (Fig. 11.) leichter dazu verleitet werden, die Scheidewand für die Wandung des Gefässes selbst zu halten, als auf einem mit der Rinde parallel geführten Längenschnitte, durch welchen die Scheidewand der Länge nach getheilt wird.

Nach dieser Auseinandersetzung des Baues dieser Röhren will ich nun versuchen, die Verwandtschaft derselben mit andern bekannten Bildungen nachzuweisen. Betrachten wir einen Querschnitt des Holzes von *Ephedra*, so weist uns die Grösse und die Stellung dieser Canäle (welche immer in dem innersten Theile des Jahrringes liegen) auf eine Vergleichung derselben mit den porösen Gefässen der Dicotylen hin. Die völlige Uebereinstimmung in Hinsicht auf diese Puncte fällt so sehr in die Augen, dass ich mich jeder weiteren Auseinandersetzung derselben enthalten darf.

Es kommt nun aber vor Allem in Betracht, ob nicht einer solchen Vergleichung der anatomische Bau dieser Röhren widersprechen würde; hievon lässt sich, wie ich glaube, leicht das Gegentheil erweisen. Es ist zwar wahr, dass auf den ersten Blick die Aehnlichkeit nicht besonders gross zu sein scheint, allein wenn wir bei der Vergleichung die mit doppelten Kreisen besetzten Wandungen, und die mit einfachen Kreisen (Oeffnungen) besetzten Scheidewände abgesondert ins Auge fassen, so wird es nicht schwer werden, eine solche Aehnlichkeit nachzuweisen, dass wir an der Identität dieser Gebilde zu zweifeln nicht mehr berechtigt sind.

Was die Wandungen dieser Canäle anbetrifft, so wird wohl jeder die Aehnlichkeit derselben mit den Wandungen eines porösen Gefässes zugeben; der einzige Unterschied besteht in der grösseren Seltenheit der Tüpfel bei *Ephedra;* dieser Unterschied ist aber offenbar nicht von Bedeutung, da wir bei den porösen Gefässen in Hinsicht auf Menge, Form und Vertheilung der Tüpfel sehr bedeutende Verschiedenheiten antreffen.

Eben so wenig kann als Gegenbeweis der Umstand angeführt werden, dass diese Röhren aus übereinanderstehenden Schläuchen bestehen, da es durch MOLDENHAWER's Untersuchungen schon längst ausser Zweifel gesetzt wurde, dass eine solche Zusammensetzung allen porösen Gefässen zukommt.

Es blieben also nur noch die porösen Scheidewände übrig, die man als einen dieser Ansicht widersprechenden Umstand betrachten könnte. Es möchte auch dieser Einwurf manchem Phytotomen als ein sehr gewichtiger erscheinen, dennoch aber möchte ich gerade die Existenz und die Form dieser Scheidewände als den Hauptbeweis dafür anführen, dass diese Röhren wirkliche poröse Gefässe sind. Ich fand nämlich, dass bei sehr vielen Monocotylen, und auch bei einigen Dicotylen, z. B. bei der Birke, die Schläuche, aus welchen die porösen Gefässe zusammengesetzt sind, nicht, wie es von den Phytotomen als allgemeine Regel angegeben wird, sich frei in einander öffnen, sondern dass dieselben Scheidewände besitzen, dass diese

Scheidewände nicht wie bei den Zellen die Schläuche völlig abschliessen, sondern dass sie von grösseren und kleineren Oeffnungen durchbrochen sind, wodurch dieselben bald ein poröses, bald ein netzförmiges, bald ein treppengangartiges Aussehen erhalten, dass ferner diese Scheidewände in den meisten Fällen nicht senkrecht auf die Achse des Gefässes gestellt sind, sondern dass sie dieselbe in einem mehr oder minder spitzen Winkel schneiden.

Die Bildung dieser Scheidewände ist so ausgezeichnet, und ist, so weit wenigstens meine Untersuchungen reichen, durchaus nur auf die grossen porösen Gefässe und deren Abänderung in rosenkranzförmige Gefässe beschränkt, dass ich nicht anstehe, dieselbe als eine für diese Gefässe characteristische Bildung zu betrachten, und desshalb auch jene weiten Röhren von *Ephedra* zu den porösen Röhren zu zählen.

XXI.

Einige Bemerkungen
über
den Bau der getüpfelten Gefässe.

(Aus der Linnaea 1842.)

So viele Untersuchungen auch über den Bau der getüpfelten Gefässe publicirt wurden, so zeigen doch die neueren Schriften über Pflanzenanatomie, dass sich über diesen Gegenstand noch keine allgemein angenommene Meinung gebildet hat. Es mag daher nicht überflüssig sein, wenn ich auf den folgenden Blättern einige, den Bau dieser Gefässe betreffende Punkte, auf welche meine Aufmerksamkeit bei Abfassung einer, diese Gefässe behandelnden, Dissertation im verflossenen Jahre gelenkt wurde, einer genaueren Untersuchung unterwerfe.

Um die Differenzen zwischen meiner Ansicht über den Bau der getüpfelten Gefässe von den Ansichten der übrigen Phytotomen leichter übersehen zu lassen, will ich auf wenigen Zeilen die von den neueren Phytotomen über diesen Gegenstand geäusserten Meinungen neben einander stellen.

Obgleich schon manche frühere Beobachter, besonders Leeuwenhoek, Hill, van Marum, Hedwig, die getüpfelten Gefässe kannten, so wurden sie doch erst von Mirbel auf eine bestimmte Weise von den Spiralgefässen und Treppengängen unterschieden. Ihre Tüpfel erklärte Mirbel für Erhöhungen, welche auf der äusseren Seite der Gefässe hervorragen und von einer wahren Oeffnung durchbohrt seien. Die Gliederung dieser Gefässe kannte er nicht; eine Verwandlung der verschiedenen Gefässformen in einander zog er durchaus in Abrede. Indem Mirbel den Hof von den Tüpfeln unterschied, und die zwischen den Tüpfeln ausgespannte gleichförmige Membran erkannte, so hatte er, obgleich seine Beobachtungen in manchen Punkten nicht richtig waren, dennoch eine Basis gelegt, auf welcher die übrigen Phytotomen hätten fortbauen sollen, und welche nur wenig zu modificiren gewesen wäre, um dem wahren Sachverhältnisse zu entsprechen. Dieses geschah aber nicht, sondern einige deutsche Phytotomen stellten nun eine Reihe von Meinungen auf, welche eben so viele Rückschritte in der Kenntniss dieser Gefässe waren.

Zuerst legte Sprengel (Anleit. zur Kentniss der Gewächse. 1802. I. 103.) den Grund zu mancherlei späteren irrthümlichen Meinungen, indem er die getüpfelten Gefässe, welche er übrigens mit den Treppen-

gängen verwechselte, aus Spiralgefässen, durch Verwachsung der Spiralfasern, entstehen liess. Die Gliederung der Gefässe kannte Sprengel, und leitete sie von einer, an einzelnen Stellen stattfindenden lebhaften Zusammenziehung der Gefässe ab.

Eine andere Ansicht, welche ebenfalls noch in den neueren Zeiten manchen Anklang gefunden hat, rührt von Bernhardi her (Ueber Pflanzengefässe p. 35.). Er hatte das Verdienst, die äussere Membran der Spiralgefässe zu entdecken, und führte die Bildung der Treppengänge und getüpfelten Gefässe ebenfalls auf die Spiralgefässe zurück, jedoch auf eine andere Weise als Sprengel. Er nahm nämlich an, dass die Tüpfel die isolirten Stücke einer zerfallenen Spiralfaser seien.

Ein bedeutendes Verdienst um die nähere Kenntniss des Baues der Gefässe erwarb sich Treviranus (Vom inwend. Bau der Gewächse p. 55.), indem er zuerst ihre Zusammensetzung aus Schläuchen erkannte. Die Gefässschläuche hielt er für umgewandelte Holzzellen (Beiträge zur Pflanzenphysiologie p. 17.), und vermuthete, dass an der Stelle der Querbänder Scheidewände liegen, welche später verschwinden. Ueber den Bau der Tüpfel ist er ungewiss. Er ist der erste, der beobachtete, dass beim Sassafrasholze diejenigen Theile der Gefässe, welche an Markstrahlen anstossen, mit Tüpfeln von abweichender Form besetzt sind. Die Tüpfel hielt er im Allgemeinen für Erhöhungen, die letztere Form derselben für Oeffnungen.

Moldenhawer (Beiträge zur Anatomie der Pflanzen p. 264.) leitete auf ähnliche Weise wie Sprengel die porösen Gefässe aus Spiralgefässen und Ringgefässen ab, zwischen deren Fasern sich Querfasern bilden sollten. Die Fasern liegen nach seiner Meinung auf der äussern Seite der primären Schlauchwandung. Neu und von einigen späteren Phytotomen mit Unrecht in Zweifel gezogen war die Angabe, dass bei den Gefässen der Linde diejenigen Seiten, welche an ein anderes Gefäss anstossen, den Bau eines porösen Gefässes, die an Zellen angrenzenden Seiten dagegen den Bau eines Spiralgefässes zeigen.

Weit richtiger, als alle seine Vorgänger erklärte G. R. Treviranus (vermischte Schriften I. 149.) den Bau der Tüpfel, indem er sie für Erhebungen der Wandung der Gefässe hielt, welche auf der einen Seite hohl seien und in der Mitte eine Vertiefung mit einem erhabenen Rande besitzen.

Meyen (Phytotomie 227.) folgte Bernhardi in der Annahme, dass die Tüpfel Stücke einer zerfallenen Spiralfaser seien, nur machte er die Sache noch schlimmer, indem er die Faser für die primäre, und die Schlauchhaut für die secundäre Bildung hielt.

Link (Anal. d. sc. natur. XXIII. 152.) leitete ebenfalls die Tüpfel der Gefässe vom Zerfallen einer Spiralfaser ab. Die Spiralfaser selbst erklärte er für hohl. Poröse Gefässe giebt es nach seiner Ansicht eigentlich gar nicht, die Tüpfel derselben sind Spiralfaserstücke, welche kürzer, als bei den Treppengängen sind; in anderen Fällen sind sie Anschwellungen der hohlen Spiralfaser.

In einigen 1831 erschienenen Abhandlungen (Ueber den Bau der porösen Gefässe, in den Abhandl. der Acad. zu München I. 445; Ueber den Bau der grossen getüpfelten Röhren von *Ephedra*, in der Linnaea 1831 [s. oben p. 268.]; *De palmarum structura* §. 26 — 29. [s. oben p. 142 u. f.]) suchte ich nachzuweisen, dass der Bau der Treppengänge und getüpfelten Röhren im Wesentlichen dem Bau der getüpfelten Zellen analog sei. Ich leitete die Gefässe von dünnhäutigen, geschlossenen Zellen ab, auf deren

inneren Seite sich später Membranen und Fasern ablagern, und deren Querwände entweder völlig resorbirt, oder in netzförmiger oder treppenförmiger Form durchlöchert werden. In Beziehung auf die getüpfelten Gefässe machte ich geltend, dass ihr Bau sich nach der Beschaffenheit der anliegenden Elementarorgane richte, dass die Tüpfel dünnere Stellen der Gefässwandung seien und der Hof von einer ausserhalb der Gefässwandung liegenden Höhlung herrühre.

In der neueren Zeit unterschied LINK (Element. phil. botan. edit. sec. I. 177. 181.) zweierlei Formen von Gefässen, unter dem Namen der porösen und der getüpfelten Gefässe, nach Unterschieden, welche mir nicht klar sind. Die porösen Gefässe leitet er von Spiralgefässen ab, deren hohle Faser an einzelnen Stellen zusammenfalle und alsdann verschwinde, so dass die einzelnen Faserstücke ihre Verbindung unter einander verlieren. Die getüpfelten Gefässe sind mit Tüpfeln besetzt, welche Ueberbleibsel von Spiralfasern, die aber nicht sichtbar werden, sind.

Die beiden neuesten Arbeiten über die getüpfelten Gefässe von MEYEN (Neues System der Physiologie I. 117.) und SCHLEIDEN (Flora 1839. I. 327.) stimmen mit einander nahe überein. Beide leiten die Tüpfel von Spalten ab, welche die Fasern der secundären Schlauchschichten an einzelnen Stellen, an welchen sie nicht unter einander verwachsen, offen lassen. Beide folgen meiner Ansicht von der Beschaffenheit des Hofes. SCHLEIDEN lässt diese den Hof bildende Höhlung mit Luft gefüllt sein, und giebt an, die über derselben vorlaufende Spalte werde später durch Ablagerung weiteren Bildungsstoffes abgerundet. Eine Abhängigkeit der Bildung der Gefässwandungen von der Beschaffenheit der anliegenden Elementarorgane wird von MEYEN durchaus geläugnet.

Wende ich mich nun, nach dieser Auseinandersetzung der wichtigeren Resultate der früheren Bearbeitungen der Anatomie der getüpfelten Gefässe, zur Darstellung meiner neueren Untersuchungen, so betrifft der erste Punkt, auf den ich aufmerksam machen möchte, den Umstand, dass bei den getüpfelten Gefässen der meisten Pflanzen die einzelnen Gefässschläuche nicht ringsum einen gleichförmigen Bau besitzen, sondern dass ihre Wandungen, je nachdem sie mit verschiedenartigen Elementarorganen in Berührung stehen, nicht unbedeutende Modificationen in ihrer Structur zeigen. Dass eine solche Beziehung zwischen den getüpfelten Röhren und den anliegenden Elementarorganen stattfinde, darauf konnten schon die zwei angeführten, von TREVIRANUS und MOLDENHAWER beobachteten isolirten Fälle hinweisen; später habe ich auseinanderzusetzen gesucht, dass diese Erscheinung eine allgemeinere Verbreitung zeige. Ich habe nämlich gezeigt, dass der von MOLDENHAWER bei der Linde beobachtete Bau auch bei anderen Pflanzen, z. B. beim Feldahorne, sich finde, und dass die Markstrahlen bei vielen Pflanzen einen bedeutenden Einfluss auf den Bau der Wandungen der getüpfelten Röhren ausüben, indem an den Stellen der Gefässe, welche mit den Markstrahlen in Berührung stehen, die Tüpfel eine unregelmässige Form haben, von keinem Hofe umgeben sind, immer nur an solchen Stellen liegen, an welchen eine benachbarte Zelle platt aufgewachsen ist, aber nie an solchen, auf welchen die Seitenwandung einer benachbarten Zelle senkrecht steht, dass ferner die Tüpfel zweier unmittelbar an einander liegender Gefässe in ihrer Lage einander genau entsprechen. Diese Umstände, so wie die häufig und leicht zu beobachtende Erscheinung, dass die Tüpfel der an einander an-

grenzenden Zellen in Beziehung auf Lage und Form einander entsprechen, beweisen unzweifelhaft, dass die Organisation der secundären Schichten der vegetabilischen Elementarorgane in engem Zusammenhange mit der Organisation der secundären Schichten der angrenzenden Elementarorgane steht.

Die Wahrheit dieses Satzes wurde vielfach bestritten, und es war insbesondere Meyen (Physiol. I. 157.), welcher es läugnete, dass sich aus dem Baue der getüpfelten Röhren ein Beweis für denselben ableiten lasse, indem er glaubte, die von mir beobachteten Erscheinungen seien analog mit dem Umstande, dass bei den meisten Coniferen nur die seitwärts stehenden Wandungen ihrer Röhren mit Tüpfeln besetzt seien, aber nicht die gegen Rinde und Mark gewendeten. Es war dieses eine wunderliche Einwendung, denn gerade die getüpfelten Röhren der Coniferen zeigen mit höchster Evidenz den Einfluss, welchen die Berührung verschiedenartiger Organe auf die Organisation eines dritten ausübt, insoferne bei diesen Röhren nur diejenigen Stellen der Seitenwandungen, welche an andere Röhren anstossen, mit grossen, von Höfen umgebenen Tüpfeln besetzt sind, während sich auf den an Markstrahlen anstossenden Stellen bei den meisten Arten von *Pinus, Juniperus* u. s. w. viele kleine, der Höfe entbehrende Tüpfel finden, welche ganz mit denjenigen Tüpfeln übereinstimmen, welche den Markstrahlenzellen selbst zukommen. Es zeigt sich also an diesen Röhren nicht blos die Abhängigkeit ihrer Bildung von den anliegenden Organen, sondern insbesondere auch der Umstand, dass die den getüpfelten Röhren eigenthümliche Organisation sich nur an solchen Stellen ausbildet, an welchen jener fremdartige, von Zellen ausgehende Einfluss nicht auf sie einwirkt.

Man wird schwerlich gegen den obigen Satz den Umstand geltend machen wollen, dass jener Einfluss der anliegenden Zellen nicht bei den getüpfelten Röhren aller Pflanzen nachgewiesen werden kann, indem bei einem Theile der Pflanzen die getüpfelten Röhren gleichgeformte Tüpfel an allen Stellen zeigen, mögen dieselben mit Zellen oder Gefässen in Berührung stehen. Es beweist dieses offenbar nur so viel, dass der Einfluss, welchen benachbarte Zellen auf die Bildung der Gefässe ausüben, nicht unter allen Umständen so bedeutend ist, dass er die Ausbildung der den porösen Röhren eigenthümlichen Form von Tüpfeln hindert, sondern dass bei einem Theile der Pflanzen die den Gefässen eigenthümliche Organisationskraft überwiegend kräftig ist, so dass, unerachtet des Einflusses der anliegenden Zellen, dennoch die eigenthümliche Structur der punktirten Röhre zu mehr oder weniger vollständiger Ausbildung gelangt. Keineswegs aber kann aus solchen Ausnahmsfällen der Satz abgeleitet werden, dass jener Einfluss überhaupt nicht existire[1]).

1) Betrachten wir die Abhängigkeit der Organisation der secundären Schichten des einen Elementarorganes von der Organisation der anliegenden Elementarorgane ganz im Allgemeinen, so zeigt sich, dass in dieser Beziehung vielerlei Grade vorkommen, und dass hiebei besonders der Umstand von grossem Gewichte ist, ob die secundären Schichten eines Organes eine mehr oder weniger deutliche spiralige Structur zeigen oder nicht. Wenn nämlich in einem Elementarorgane, sei es Zelle oder Gefässschlauch, die secundären Schichten eine sehr deutlich ausgesprochene und regelmässige Spiralbildung zeigen, so ist von einem Einflusse der benachbarten Organe auf die Bildung dieser spiraligen secundären Schichten keine Spur zu finden. Wir sehen daher rechts- und links-, eng- und weitgewundene, mit einer oder mit mehreren Fasern versehene Spiralgefässe neben einander liegen, und ebenso verhalten sich die Spiralzellen, wenn ihre Fasern deutlich ausgebildet sind. In beiden Fällen zeigt sich die Unabhängigkeit der benachbarten Elemen-

Die nähere Begründung des Gesagten liegt in den im Folgenden beschriebenen Thatsachen.

Wenn wir den Bau der getüpfelten Gefässe mit Rücksicht auf ihre Umgebung untersuchen, so zeigt sich, dass dieselben nur bei verhältnissmässig wenigen Dicotylen einen gleichartigen, von ihren Umgebungen unabhängigen Bau besitzen. Hiebei können natürlicherweise nur solche Gefässe in Betracht kommen, von welchen man sich auch wirklich durch genaue Untersuchung überzeugte, dass sie mit verschiedenartigen Elementarorganen in Berührung stehen, und es müssen alle Gefässe ausgeschlossen werden, welche nur von prosenchymatosen, oder nur von parenchymatosen Zellen umgeben sind, indem diese immer auf allen Seiten übereinstimmend gebildete Wandungen besitzen. Sehen wir von solchen vereinzelt laufenden Gefässen ab, wie sie z. B. bei *Rhamnus capensis*, *Viburnum Opulus* in der Regel vorkommen, so finden wir eine Reihe von Modificationen des Gefässbaues, in welchen sich der Einfluss der anliegenden Organe meistens mit grosser Bestimmtheit ausspricht.

A. Am vollständigsten entwickelt sich der eigenthümliche Bau der getüpfelten Gefässe bei solchen Gewächsen, bei welchen die Gefässwandungen keine Abweichungen zeigen, sie mögen mit andern Gefässen oder mit Zellen in Berührung stehen, bei welchen sie daher gleichmässig mit Tüpfeln, die von einem Hofe umgeben werden, besetzt sind, z. B. bei *Elaeagnus acuminata, Clematis Vitalba, Broussonetia papyrifera.*

B. An diese Gefässe schliesst sich eine zweite Gefässform an, bei welcher diejenigen Seiten der Gefässe, welche mit prosenchymatosen Zellen in Berührung stehen, zwar ebenfalls mit den gleichen, mit Höfen versehenen Tüpfeln versehen sind, wie die an ein anderes Gefäss anstossenden Wandungen, bei welcher aber der Einfluss, den die benachbarten Zellen ausüben, sich darin ausspricht, dass die Tüpfel der an

tarorgane nicht nur in dem nicht übereinstimmenden Verlauf ihrer Fasern, sondern besonders in dem Umstande, dass die Zwischenräume zwischen den Fasern ununterbrochen über die Kanten des eigenen Elementarorganes und über die Stellen, wo die Wandungen benachbarter Organe senkrecht auf der äusseren Fläche der ersteren stehen, hinweglaufen. Wird dagegen die Spiralbildung undeutlicher, nehmen die secundären Schichten nicht mehr die Form von isolirten Fasern an, sondern zeigen sie nur noch eine spiralige Streifung, dann tritt schon eher eine Abhängigkeit des einen Elementarorganes vom benachbarten ein. Wenn unter solchen Umständen Tüpfel auftreten, so entsprechen sie sich zwar in ihrer Lage, allein nicht genau in ihrer Form, indem sie in beiden an einander liegenden Elementarorganen in der Richtung der Spirale in die Länge gezogen sein können, und sich daher, wenn die Spirale in beiden Elementarorganen gleichläufig ist, kreuzen. Je undeutlicher die spiralige Bildung der secundären Membran wird, und je mehr sie in die netzförmige übergeht, desto mehr tritt die Abhängigkeit der secundären Schichten des einen Organes von denen des anderen hervor. Nun entsprechen sich die Tüpfel beider Organe nicht nur in der Lage, sondern auch in der Form und der Richtung ihrer Längenachse, wie z. B. bei den Treppengängen, sie kreuzen sich daher nicht mehr mit denen des gegenüberliegenden Organes, sie laufen nicht mehr über die Kanten des eigenen Organes hinaus, sondern sind in der Nähe desselben abgeschlossen, ebenso richten sie sich in ihrer Länge nach der Grösse der Seitenflächen des anliegenden Organes. Hierauf beruht die Verschiedenheit, welche wir zwischen den Seitenflächen der Treppengänge finden, je nachdem sie an andere Gefässe oder an Zellen anstossen u. s. w.

die Zellen angrenzenden Wandungen weitläufiger gestellt sind. Solche Gefässe finden sich bei *Bixa Orellana, Acacia lophantha, Sophora japonica.*

C. Bei stärker ausgesprochener Abhängigkeit der Gefässe von den Zellen bleiben zwar die an andere Gefässe anstossenden Wandungen ganz dicht mit Tüpfeln bedeckt, allein die an prosenchymatose Zellen anstossenden Wandungen sind mit sehr entfernt stehenden Tüpfeln besetzt, oder auch, wenigstens auf grösseren Strecken, ganz frei von denselben. Die an Markstrahlen angrenzenden Stellen besitzen endlich Tüpfel ohne Hof. Solche Gefässe finden sich bei *Sambucus nigra, Betula alba, Aralia spinosa, Corylus Avellana, Populus alba, Alnus incana, Platanus occidentalis, Pyrus Malus, Gymnocladus canadensis.*

D. Bei noch stärker hervortretendem Einflusse der anliegenden Zellen, welche alsdann gewöhnlich mehr die Form von parenchymatosen, als von prosenchymatosen Zellen besitzen, zeigen endlich nur noch die an andere Gefässe anstossenden Wandungen Tüpfel, welche von einem Hofe umgeben sind, alle an Zellen anstossende Wandungen dagegen häufige und grosse Tüpfel ohne allen Hof, daher ganz von der Form der Tüpfel der parenchymatosen Zellen, z. B. *Cassyta glabella, filiformis, Bombax pentandrum* (Tab. XII. fig. 12. 13.), *Hernandia ovigera.*

E. Eine blose Modification dieser Bildung, welche jedoch ein sehr eigenthümliches Ansehen besitzt, ist die Form, bei welcher die an ein anderes Gefäss anstossenden Wandungen die Form von Treppengängen besitzen (fig. 18. von *Chilianthus arboreus*), indem die Tüpfel zu Spalten, welche die ganze Breite der Gefässwandungen einnehmen, ausgedehnt sind, während die an Zellen anstossenden Wandungen mit grossen Tüpfeln ohne Hof (fig. 17.) besetzt sind. Diese Form ist sehr schön bei *Chilianthus arboreus* und *Cynanchum obtusifolium* entwickelt. Weniger auffallend zeigen die an Gefässe anstossenden Wandungen bei *Vitis vinifera* jene Querspalten.

Unter die im Vorhergehenden aufgezählten Formen kann die Mehrzahl der getüpfelten Gefässe eingeordnet werden. Nun kommt aber ausserdem noch eine Reihe von Gefässformen vor, welche darin übereinstimmen, dass die zwischen den Tüpfelreihen liegenden Zwischenräume nicht glatt sind, sondern dass auf der innern Wandung der Gefässe Spiralfasern verlaufen.

Diese Gefässe verhalten sich daher zu den gewöhnlichen getüpfelten Gefässen, wie die punktirten Röhren von *Taxus* zu denen der übrigen Coniferen. Bei diesen Gefässen kommen nun nicht nur in Hinsicht der Vertheilung der Tüpfel ähnliche Verschiedenheiten vor, wie bei den bereits betrachteten Gefässformen, sondern es finden sich noch weitere Verschiedenheiten, je nachdem nur ein Theil, oder je nachdem alle Gefässe solche Fasern besitzen, ferner je nachdem alle Gefässe, oder nur ein Theil Tüpfel zeigen. Bei einem Theile dieser Pflanzen kann man nämlich, jedoch auf eine nicht ganz scharfe Weise, grössere und kleinere Gefässe von nicht immer übereinstimmendem Bau unterscheiden; ihre Gefässe liegen nämlich gruppenweise, besonders im inneren Theile der Jahrringe zusammen, und neben diesen aus grösseren Gefässen bestehenden Gruppen liegen Gefässe von weit geringerem Durchmesser, deren Schläuche sich mehr der Form der prosenchymatosen Zellen nähern, und welche ich im Folgenden mit dem Ausdrucke der kleinen Gefässe bezeichnen werde.

Diese Gefässe kann man unter folgende Abtheilungen bringen:

F. Sämmtliche Gefässe sind mit Tüpfeln, die einen Hof besitzen, bedeckt; die grösseren besitzen glatte Wandungen, bei den kleineren laufen zwischen den Tüpfeln Spiralfasern durch. *Morus alba, Ulmus campestris, Clematis Vitalba.*

G. Sämmtliche Gefässe sind enge getüpfelt; zwischen den Tüpfelreihen verlaufen schmale Fasern. *Hakea oleifolia.*

H. Die grösseren Gefässe sind mit Tüpfeln besetzt, den kleineren fehlen die Tüpfel. Die Wandungen von beiderlei Gefässen sind auf der inneren Fläche mit Spiralfasern besetzt. *Daphne Mezereum* (Fig. 20. 21.), *Passerina filiformis, Bupleurum arborescens, Genista canariensis.*

I. Die Gefässwandungen, welche an andere Gefässe anstossen, sind getüpfelt, die an Zellen anstossenden Wandungen mit sehr entfernt stehenden Tüpfeln besetzt, oder ganz frei von denselben, sämmtliche Gefässwandungen mit Fasern besetzt. *Samara pentandra, Tilia parvifolia* (Fig. 16.), *Aesculus Hippocastanum, Acer Pseudo-platanus, Cornus alba, Ilex Aquifolium, Crataegus oxyacantha, Prunus Padus, P. virginiana.*

Werfen wir einen Blick auf das bisher Gesagte zurück, so erhellt aus den angeführten Thatsachen, dass die von den Phytotomen behauptete Gleichförmigkeit des Baues der getüpfelten Gefässe nur in verhältnissmässig seltenen Fällen vorhanden ist, ferner dass der einzige Punct, in welchem die getüpfelten Gefässe übereinstimmen (und selbst hier müssen wir von den unter *H.* aufgeführten kleineren Gefässen absehen), und wodurch sie sich von den übrigen Gefässformen unterscheiden, die Anwesenheit von Tüpfeln ist, welche von einem Hofe umgeben sind, und welche wenigstens auf denjenigen Wandungen, die mit andern Gefässen in Berührung stehen, liegen.

Es entsteht unter diesen Umständen die Frage: soll man alle oben angeführten Gefässformen den getüpfelten Gefässen zuzählen, oder soll man nur diejenigen Gefässe, welche auf allen Seiten von Höfen umgebene Tüpfel zeigen, getüpfelte Gefässe nennen, und die übrigen zu den gemischten Gefässen rechnen, oder soll man auf diese Verschiedenheiten neue, mit besonderen Namen zu bezeichnende Abtheilungen der Pflanzengefässe gründen?

Meiner Ansicht nach sollte nur das Erste geschehen. Einmal zeigen alle diese Gefässe in dem Bau ihrer mit Höfen versehenen Tüpfel einen gemeinschaftlichen Character, der sie leicht und sicher von den andern Gefässen unterscheiden lässt, und anderntheils trifft, wenn man alle diese Gefässe zusammennimmt, die Anwesenheit derselben so ziemlich mit der dicotylen Beschaffenheit des Embryo zusammen.

Wollten wir dagegen alle diejenigen Gefässe, deren verschiedene Wandungen einen abweichenden Bau zeigen, zu den gemischten Gefässen zählen, so würde dadurch der ohnediess nicht scharf bestimmte Begriff dieser Gefässgattung noch mehr verwirrt. Gewöhnlich versteht man unter der Benennung der gemischten Gefässe solche Gefässe, deren verschiedene, in einer Längenreihe über einander liegende Schläuche einen verschiedenen Bau zeigen, z. B. aus der Form des Treppenganges in die des Ringgefässes und Spiralgefässes übergehen. Insofern in dieser Abwechslung der Gefässformen bei vielen Pflanzen, besonders bei den Mono-

cotylen, eine bestimmte Regel stattfindet, lässt sich die Aufstellung der gemischten Gefässe, als einer bestimmten Abtheilung, billigen. Wenn wir aber auch diejenigen Gefässe, bei welchen die verschiedenen Seiten desselben Gefässschlauches eine abweichende Bildung zeigen, zu den gemischten Gefässen rechnen wollen, so stellen wir dadurch zweierlei Verhältnisse zusammen, welche gar nichts Gemeinschaftliches haben, insoferne in dem vorhin berührten Falle sich der Bau der Gefässe nach dem Laufe des Gefässbündels, im letzteren Falle nach dem Baue der umliegenden Elementarorgane ändert.

Das Auskunftsmittel, für jede der kleineren Modificationen der getüpfelten Gefässe einen eigenen Namen zu bilden, wäre nach meiner Ueberzeugung das allerschlimmste. Leider haben einige neuere Phytotomen in Beziehung auf das Zellgewebe diesen Weg betreten; ein Weg, der uns, wenn wir diesen Vorgängen folgen wollten, nothwendigerweise in der Pflanzenanatomie bald in ein ebenso klägliches Terminologielabyrinth führen würde, wie das ist, in dem die systematische Botanik umherirrt.

Den Unterschied der getüpfelten Gefässe von den Treppengängen setzten die meisten Phytotomen in die Anwesenheit von vielen und kleinen Tüpfeln. Grösse und Menge sind aber viel zu relative Begriffe, als dass auf dieselben eine scharfe Eintheilung gegründet werden könnte, wir müssen uns daher nach besseren Kennzeichen umsehen. Kieser glaubte, ausser den Tüpfeln seien die Querbänder für die getüpfelten Gefässe characteristisch, dass dem aber nicht so ist, sondern dass diese Bänder nur die Grenzen der auf einander folgenden Schläuche bezeichnen und auch bei anderen Gefässformen vorkommen, ist aus Moldenhawer's u. a. Untersuchungen hinreichend bekannt.

Da also diese Kennzeichen nichts taugen, so müssen wir das characteristische Merkmal der getüpfelten Gefässe in dem Bau der Tüpfel selbst suchen, und namentlich in dem Umstande, dass entweder alle Tüpfel derselben, oder wenigstens diejenigen, welche auf den an ein anderes Gefäss anstossenden Wandungen liegen, von einem Hofe umgeben sind.

Ich würde es nach dem, was ich in meinen früheren Arbeiten über den Bau der mit Höfen versehenen Tüpfel angeführt habe, für überflüssig halten, noch einmal auf diesen Punct zurückzukommen, wenn es mir nicht schiene, es hätte die Auseinandersetzung der Modificationen, welche wir bei den Tüpfeln verschiedener Pflanzen finden, einiges Interesse.

Um die wahre Beschaffenheit dieser Tüpfel kennen zu lernen, eignet sich unter allen Pflanzen, die ich untersucht habe, *Cassyta glabella* am besten, indem die bedeutende Grösse ihrer Tüpfel (Fig. 1.) die Untersuchung sehr erleichtert. Bei dieser Pflanze kann man sich auf zarten Quer- oder Längenschnitten (Fig. 2.) mit der grössten Deutlichkeit davon überzeugen, dass der Hof dieser Tüpfel von einer Höhlung (*a.*), welche zwischen den aneinander liegenden Gefässwandungen liegt, herrührt, und dass der Tüpfel (*b.*) selbst ein von dem Innern des Gefässes gegen diese Höhlung zuführender und an seinem äusseren Ende von einer zarten Haut verschlossener Canal ist. Etwas schwieriger ist es, diesen Bau bei andern Pflanzen zu erkennen, doch ist es bei solchen, deren Tüpfel nicht gar zu klein sind, z. B. bei *Laurus nobilis* (Fig. 9.), *L. Sassafras, Aleurites triloba, Acacia lophanta* mit Hülfe eines guten Mikroskops gar wohl möglich.

Betrachtet man die getüpfelten Gefässwandungen in senkrechter Richtung auf ihre Fläche, so findet

man beinahe bei allen Pflanzen, dass sowohl der Tüpfelkanal, als der Hof in querer Richtung in die Länge gezogen sind. Bei dem Hofe rührt es davon her, dass die kleine Höhlung, auf welche der Tüpfelkanal zuführt, einen elliptischen Umfang besitzt. Der Tüpfelkanal bildet dagegen keine elliptische Röhre von gleichförmiger Weite, sondern hat eine etwas verwickeltere Form. Derselbe ist nämlich in der Richtung der Längenachse des Gefässes zusammengedrückt, zugleich aber erweitert sich sein innerer Theil in der Richtung des Querdurchmessers des Gefässes. Die innere Mündung des Tüpfelkanals stellt daher eine kürzere oder längere Querspalte, die äussere, von der primären Schlauchhaut verschlossene Mündung eine dem Kreise sich mehr oder weniger annähernde Ellipse dar. Betrachtet man das Gefäss von seiner inneren Fläche aus, und sieht man senkrecht in einen Tüpfelkanal hinein, so sieht man die seitwärts gelegenen, nach unten zu sich einander nähernden Wandungen desselben, unter der Form von zwei rinnenförmig vertieften, nach unten zu gegen einander geneigten Flächen (Fig. 4. *Cassyta glabella*); die nach oben und unten zu den Canal begrenzenden Wandungen kommen dagegen, da sie senkrecht stehen, nicht zu Gesichte. Aus dieser Form des Tüpfelkanals ist erklärlich, warum derselbe unter einer verschiedenen Form erscheint, je nachdem man die durchschnittene Gefässwandung auf einem Querschnitte oder auf einem Längenschnitte des Stammes betrachtet; im ersteren Falle (Fig. 9. *Laurus nobilis*) zeigt nämlich der Tüpfelkanal eine conische, gegen das Innere des Gefässes sich erweiternde, im zweiten Falle (Fig. 2. *Cassyta glabella*) eine cylindrische Gestalt. Ebenso zeigt der Querschnitt durch einen Tüpfelkanal eine sehr verschiedene Form, je nachdem er den Tüpfelkanal in der Nähe seiner äusseren oder inneren Mündung durchsetzt; im ersteren Falle besitzt er eine breit elliptische Form, im zweiten Falle nähert er sich der Form einer linienförmigen Spalte. Man sieht dieses deutlich, wenn ein Längenschnitt in schiefer Richtung durch eine Gefässwandung geht.

Die Erweiterung, welche der Tüpfelkanal nach Innen zu zeigt, ist bei einem Theile der Dicotylen nicht sehr bedeutend, so dass die innere Mündung kürzer, als der Hof des Tüpfels ist, z. B. bei *Cassyta glabella* (Fig. 1. 4.), *Bombax pentandrum* (Fig. 12.), *Bixa Orellana, Acacia lophantha, Sophora japonica, Salix alba, Aralia spinosa;* bei anderen Pflanzen dagegen stellt die innere Mündung eine Spalte dar, welche länger als der Hof ist, z. B. bei *Laurus Sassafras* (Fig. 5.), *Aleurites triloba* (Fig. 6. 8.), *Clematis Vitalba* (Fig. 15.), *Cornus alba, Morus alba, Gymnocladus canadensis, Elaeagnus acuminata* (Fig. 10. 11.). In diesen Fällen geschieht es sehr häufig, und an manchen Gefässen mit einer gewissen Regelmässigkeit, dass die Spalten der neben einander liegenden Tüpfel zusammenfliessen, so dass die innere Seite des Gefässes mit queren oder schief aufsteigenden Furchen durchzogen ist, in welchen je 2—6 und oft mehr Tüpfelkanäle sich öffnen.

Vollkommen denselben Bau, wie bei den elliptischen Tüpfeln, finden wir bei den Querspalten, welche bei *Chilianthus arboreus* die an ein anderes Gefäss anstossenden Gefässwandungen bedecken (Fig. 18.), und diesen das Ansehen eines Treppenganges geben. Jede dieser Spalten ist von einem Hofe umgeben, welcher davon herrührt, dass unter der Spalte eine linienförmige Höhlung verläuft, welche um vieles weiter als die Spalte selbst ist, wie man dieses auf Längenschnitten, welche solche an einander liegende Gefässwandungen in senkrechter Richtung theilten (Fig. 19.), sehr deutlich beobachten kann. Es unterscheiden sich diese, auf

den ersten Blick den gewöhnlichen Treppengängen so ähnlichen Gefässwandungen durch die Anwesenheit dieser Höhlung wesentlich von den Treppengängen, denn bei letzteren ist keine Spur dieser Höhlungen zu finden, wovon man sich bei den Baumfarnen und grossen Monocotylen überzeugen kann.

Ausser diesen, mit einem Hofe versehenen und die getüpfelten Gefässe von den andern Gefässen unterscheidenden Tüpfeln findet sich, wie wir oben gesehen haben, bei einer grossen Anzahl von Pflanzen noch eine zweite Modification von Tüpfeln, welche von keinem Hofe umgeben sind. Es finden sich diese Tüpfel am häufigsten an denjenigen Stellen, welche an Markstrahlen angrenzen; es finden sich jedoch auch Gefässe, bei welchen alle nicht mit einem anderen Gefässe in Berührung stehenden Wandungen diese Form der Tüpfel zeigen, z. B. *Cassyta, Bombax pentandrum* (Fig. 13.), *Hernandia ovigera, Chilianthus arboreus* (Fig. 17.). Diese Tüpfel haben meistens eine weit beträchtlichere Grösse, als die mit einem Hofe umgebenen Tüpfel, und meist eine quer ovale Form. Bei genauerer Betrachtung sieht man dieselben von einer doppelten Linie eingefasst, so dass man in manchen Fällen (besonders bei *Aleurites triloba* Fig. 7.) geneigt sein könnte, denselben ebenfalls einen schmalen Hof zuzuschreiben. Eine genauere Untersuchung, besonders des Querschnittes dieser Gefässwandungen, zeigt dagegen, dass zwischen diesen Tüpfeln und den benachbarten Organen keine Höhlung liegt, sondern dass diese Tüpfel durch eine einfache Lücke der secundären Schlauchschichten gebildet werden und daher vollkommen den Tüpfeln der parenchymatosen Zellen, der netzförmigen Gefässe und der Treppengänge entsprechen. Die doppelte Einfassungslinie dieser Tüpfel ist darin begründet, dass dieselben sich meistens gegen die Höhlung der Gefässe etwas erweitern, und dass man desshalb, wenn man das Gefäss in senkrechter Richtung betrachtet, sowohl die innere Einmündung des Tüpfelkanals in die Gefässhöhle, als die äussere, von der primären Gefässhaut verschlossene Endigung des Tüpfelkanals, zu Gesichte bekommt. Wenn, was nicht ganz selten geschieht, der Tüpfelkanal die Gefässwandung in einer etwas schiefen Richtung durchbohrt, so sieht man, wenn man in senkrechter Richtung auf die Gefässwandung herabsieht, diese beiden Linien an der einen Seite des Tüpfels in einander fliessen, oder auch sich kreuzen. (Fig. 22. a. *Cactus brasiliensis.*)

Es ist offenbar, dass die getüpfelten Gefässe durch diese letztere Art von Tüpfeln den Uebergang zu den Treppengängen und netzförmigen Gefässen, wie sie bei den Gefässcryptogamen und Monocotylen vorkommen, bilden, denn es stimmen die mit diesen Tüpfeln besetzten Wandungen vollkommen mit denjenigen Wandungen der Treppengänge, welche an parenchymatose Zellen angrenzen, überein. Die Verwandtschaft dieser beiden Gefässformen spricht sich auch noch in dem Umstande aus, dass bei einzelnen Dicotylen, z. B. *Cactus brasiliensis* (Fig. 22.), die getüpfelten Gefässe überhaupt durch netzförmige Gefässe ersetzt sind.

Ueber die Querwandungen der getüpfelten Gefässe beschränke ich mich auf wenige Bemerkungen, indem ich schon früher nachgewiesen, dass die Scheidewände der Gefässschläuche nicht immer, wie dieses allerdings die Regel ist, bei weiter fortschreitender Ausbildung der Gefässe resorbirt werden, sondern nicht selten stehen bleiben, alsdann aber immer von wahren Oeffnungen durchbrochen werden. Bei den getüpfelten Gefässen finden sich diese Scheidewände vorzugsweise unter zwei Formen. Entweder bleibt nämlich die

ursprüngliche Scheidewand einem grossen Theile nach stehen, und es bildet sich in ihrer Mitte eine runde Oeffnung, deren Durchmesser etwa die Hälfte oder ein Drittheil des Durchmessers der Scheidewand beträgt, z. B. bei *Cassyta glabella* (Fig. 3.), *Ficus martinicensis, Cactus brasiliensis* (Fig. 22.); oder es sind die Scheidewände durch viele, nahe über einander stehende Querspalten durchbrochen, so dass sie der Wandung eines Treppengefässes gleichen.

Diese letztere Form traf ich nur bei schief stehenden Scheidewänden an; sie findet sich z. B. bei *Betula alba, Fagus sylvatica, Corylus Avellana, Alnus incana, Platanus occidentalis, Viburnum Opulus, Ilex Aquifolium;* während die erstere Form häufiger bei horizontalen Scheidewänden vorkommt. Die Scheidewände derselben Pflanze zeigen übrigens nicht immer denselben Bau, sondern einzelne derselben können die Form eines Treppenganges besitzen, während andere vollkommen resorbirt werden. Die schief stehenden Scheidewände haben in der Regel eine solche Richtung, dass ihre Fläche auf einem mit den Markstrahlen parallelen Längenschnitte zu Gesichte kommt.

Ueber die Entwicklungsgeschichte der getüpfelten Gefässe will ich nur wenige Worte beifügen. Sie erscheinen in ihren früheren Entwickelungsperioden, wie die anderen Gefässe, als Reihen von grossen, zellenähnlichen, vollkommen geschlossenen Schläuchen, deren Häute dünn und völlig gleichförmig sind, und deren jeder einen Zellenkern enthält. Später sieht man auf den Seitenwandungen, besonders auf den an anderen Gefässen anliegenden, scheinbar ein zartes Fasernetz verlaufen. Die weitere Verfolgung der Entwicklung zeigt, dass dieses Netz nicht, wie man auf den ersten Anblick zu glauben geneigt sein möchte, von secundären, auf der inneren Gefässwandung aufgelagerten Fasern herrührt, sondern dass die Maschen des Netzes den späteren Höfen der Tüpfel entsprechen, somit die Höhlungen, welche zwischen den Gefässen liegen, bezeichnen und dass die scheinbaren Fasern, welche die Maschen umschliessen, durch die Stellen der Gefässwandung, welche mit dem Nachbarorgane in Verbindung bleiben, gebildet werden. Dass zu dieser Zeit, so wie überhaupt während der ganzen Entwickelungsperiode, die Gefässschläuche mit Saft und nicht mit Luft gefüllt sind, versteht sich von selbst; ebenso enthalten die zwischen den Gefässen liegenden Höhlungen zu dieser Zeit Saft und nicht Luft, wie dieses letztere Schleiden angab. Kurze Zeit nach dem Auftreten jener Höhlungen zeigt sich über jeder derselben die erste Andeutung des Tüpfels in der Gestalt eines helleren Kreises, und nun geht durch weitere Verdickung der Wandungen die Ausbildung der Gefässe rasch ihrem Ende entgegen, wobei sich zugleich die Querwände auflösen. Eine Entstehung der secundären Schichten aus Spiralfasern, welche unter einander verwachsen, habe ich bei diesen Gefässen eben so wenig, als bei den secundären Membranen der Zellen beobachten können.

Dass sich die verschiedenen secundären Schichten desselben Gefässschlauches in ihrer Form nicht genau entsprechen, erhellt aus dem schon oben über die Form des Tüpfelkanals Angeführten, woraus deutlich hervorgeht, dass die Lücken der secundären Schichten desto grösser und besonders desto mehr in Spaltenform in die Länge gezogen sind, je weiter nach Innen dieselben liegen. Bei einigen Pflanzen, z. B. *Bombax pentandrum* (Fig. 12. 14.) spricht sich dieses Verhältniss nur in einer schwachen conischen Erweiterung des Tüpfelkanals nach Innen zu aus. Bereits weit bemerklicher ist dasselbe bei den Formen, wie ich sie von

Cassyta glabella (Fig. 1. 4.) dargestellt habe. Einen bedeutend höheren Grad erreicht die Verschiedenheit zwischen den äusseren und inneren secundären Schichten bei *Laurus Sassafras* (Fig. 5.), *Aleurites triloba* (Fig. 6. 8.), *Elaeagnus acuminata* (Fig. 10. 11.), *Clematis Vitalba* (Fig. 15.). Hier stellen die Lücken der äusseren secundären Schichten einen Tüpfel dar, welcher kürzer als der Hof (Fig. 15. a.) ist, in den inneren Schichten dagegen (Fig. 15. b.) sind die Lücken zu so langen Spalten ausgedehnt, dass dieselben nicht blos länger sind, als der unten liegende Hof breit ist, sondern häufig auch in einander fliessen und die Canäle mehrere Tüpfel aufnehmen. Diese inneren Schichten stellen daher Häute dar, welche durch lange und schmale Spalten auf eine unvollständige Weise in breite Fasern getheilt sind. Zu bemerken ist hiebei, dass die Richtung der Spalten der inneren Schichten nicht immer vollkommen mit der Richtung der längeren Querachse des Tüpfelkanals übereinstimmt, sondern sich etwas mit derselben kreuzt. Es wird dieses jedoch weniger auffallend sein, wenn wir uns erinnern, dass bei *Taxus* die Fasern, welche die innerste Schichte der Gefässe bilden, zuweilen in entgegengesetzter Richtung von der Spirallinie, in welcher die Längenachse der Tüpfel liegt, verlaufen und dass die Bastzellen der Apocyneen aus Schichten zusammengesetzt sind, deren spiralige Streifung ebenfalls eine verschiedene Windung zeigt.

Den höchsten Grad der Abweichung zwischen den äusseren und inneren Gefässschichten treffen wir bei *Tilia* (Fig. 16.), *Daphne* (Fig. 20.) und den andern, oben unter *F—I* aufgeführten Pflanzen, bei welchen eine vollständige Trennung der inneren Gefässmembranen in Spiralfasern stattfindet, eine Bildung, welche offenbar nur eine weitere Entwicklung der bisher betrachteten Formen darstellt.

Erklärung der Abbildungen.

Die unter den Figuren stehenden Zahlen bezeichnen die Stärke der Vergrösserung.

Tab. XII.

Fig. 1. *Cassyta glabella.* Die an ein anderes Gefäss angrenzende Seitenwandung einer getüpfelten Röhre.

Fig. 2. *Cassyta glabella.* Längenschnitt durch die an einander angrenzenden Wandungen zweier getüpfelten Gefässe. *a.* Höhlung zwischen zwei Tüpfeln. *b.* Tüpfelkanal.

Fig. 3. *Cassyta glabella.* Die von einer rundlichen Oeffnung durchbrochene Querscheidewand eines getüpfelten Gefässes.

Fig. 4. *Cassyta glabella.* Stärker vergrösserter Tüpfel.

Fig. 5. *Laurus Sassafras.* Stück eines getüpfelten Gefässes. Die Tüpfelkanäle sind auf der inneren Seite in Form von längeren Spalten erweitert.

Fig. 6. *Aleurites triloba.* Wandung eines getüpfelten Gefässes, welche an einem anderen Gefässe anliegt.

Fig. 7. *Aleurites triloba.* Wandung eines getüpfelten Gefässes, welche an Zellen angrenzt. Die Tüpfelkanäle sind nach Innen zu stark erweitert, so dass die Tüpfel von einem Hofe umgeben zu sein scheinen.

Fig. 8. *Aleurites triloba.* Ein Tüpfel von Fig. 6. stärker vergrössert.

Fig. 9. *Laurus nobilis.* Querschnitt durch die an einander anliegenden Wandungen von zwei getüpfelten Gefässen. Trichterförmige Erweiterung des Tüpfelkanals nach Innen zu.

Fig. 10. *Elaeagnus acuminata.* Stück eines getüpfelten Gefässes. Spaltenförmige Form des Tüpfelkanals.

Fig. 11. Stärker vergrösserter Tüpfel von Fig. 10.

Fig. 12. *Bombax pentandrum.* Wandung eines getüpfelten Gefässes, welche an ein zweites Gefäss angrenzt.

Fig. 13. *Bombax pentandrum.* Wandung eines getüpfelten Gefässes, welche an Zellen angrenzt. Die Tüpfelkanäle sind nach Inneu zu erweitert.

Fig. 14. Stärker vergrösserter Tüpfel von Fig. 12.

Fig. 15. *Clematis Vitalba.* Getüpfeltes Gefäss. *a.* Unverletzter Theil desselben. Bei *b.* ist durch einen, die Gefässwandung schief durchdringenden Längenschnitt die äussere Schichte der Gefässwandung entfernt, wodurch die spaltenähnliche Gestalt der inneren Mündung der Tüpfelkanäle deutlicher wird.

Fig. 16. *Tilia parvifolia.* Wandung einer getüpfelten Röhre, welche an ein zweites Gefäss angrenzt.

Fig. 17. *Chilianthus arboreus.* Wandung einer getüpfelten Röhre, welche an Zellen angrenzt.

Fig. 18. *Chilianthus arboreus.* Wandung einer getüpfelten Röhre, welche an einem anderen Gefässe anliegt. Die Tüpfel sind so sehr in die Breite gezogen, dass das Gefäss Aehnlichkeit mit einem Treppengange erhält.

Fig. 19. *Chilianthus arboreus.* Längenschnitt durch die an einander anstossenden Wandungen zweier Gefässe.

Fig. 20. *Daphne Mezereum.* Grosse getüpfelte Röhre.

Fig. 21. *Daphne Mezereum.* Kleine getüpfelte Röhre, welche blos mit Fasern, aber nicht mit Tüpfeln besetzt ist.

Fig. 22. Netzförmiges Gefäss von *Cactus brasiliensis.* Bei *a.* haben die Tüpfelkanäle eine schiefe Richtung, wesshalb sich die Linien, welche die innere und äussere Mündung derselben bezeichnen, kreuzen.

XXII.

Ueber den Bau der Ringgefässe.

(Aus der Flora. 1839. II.)

In Nro. 21 und 22 des laufenden Jahrganges der Flora theilte Dr. Schleiden Bemerkungen über die Spiralbildungen in der Pflanzenzelle mit, welche mein Interesse um so mehr in Anspruch nahmen, als auch ich in der neueren Zeit über denselben Gegenstand meine Ansichten veröffentlicht hatte (Ueber den Bau der vegetabilischen Zellmembran) und als aus Dr. Schleiden's Aufsatze erhellt, dass der Verfasser bei seinen Untersuchungen über den Bau der vegetabilischen Zellmembran im Wesentlichen zu denselben Resultaten wie ich gelangte. Es weichen jedoch die Ansichten Dr. Schleiden's von den meinigen hauptsächlich in zwei Punkten ab, einmal in Beziehung auf die Reihenfolge, in welcher sich bei den Holzzellen von *Taxus* und bei den verwandten Bildungen die secundären Membranen und Fasern entwickeln, anderntheils in Beziehung auf die Bildung der Ringgefässe.

Da ich den ersteren Punkt noch nicht als einen völlig erledigten betrachte und über denselben noch weitere Untersuchungen anzustellen habe, für welche ich jedoch, da die Jahreszeit schon zu weit vorgeschritten ist, das nächste Frühjahr abwarten muss, so übergehe ich hier diesen Gegenstand; dagegen halte ich es nicht für überflüssig, die Gründe anzugeben, welche mich bewegen, auch noch jetzt, nachdem Dr. Schleiden eine neue Theorie über die Entwicklung der Ringgefässe aufgestellt, bei meinen früheren Angaben über ihre Entstehung zu beharren.

Ich hatte mich schon früher gegen die durchaus grundlose, allein bis zur neuesten Zeit vielfach verbreitete Hypothese, dass die Ringgefässe aus Spiralgefässen durch Zerreissung der Spiralfaser in einzelne Stücke, welche alsdann zu Ringen verwachsen sollen, ausgesprochen (Ueber die porösen Zellen von *Sphagnum*) und die Bildung von Ringfasern als eine blosse Modification von der Bildung von Spiralfasern erklärt (Ueber den Bau der vegetab. Zellmembran), welche darauf beruhe, dass die Steigung der Spiralfaser, wie sie auf der einen Seite bis zur senkrechten Richtung zunehmen könne, auf der andern Seite so sehr abnehme, dass die Richtung derselben sich mit der Längenachse des Gefässes senkrecht kreuze, wodurch natürlicherweise in sich selbst zurücklaufende Ringe, anstatt schraubenförmig gewundener Fasern erzeugt werden müssen. Dr. Schleiden ist dagegen der Ansicht, dass in den secundären Membranen der vegetabilischen

Schläuche ohne Ausnahme eine in spiraliger Richtung verlaufende Faserung nachgewiesen werden könne, und dass den Ringgefässen constant abrollbare Spiralgefässe zu Grunde liegen, von deren Faser je zwei Windungen mit einander zu geschlossenen Ringen verwachsen, welche später durch Resorption der zwischenliegenden spiralförmigen Faserstücke isolirt werden. Diesen Vorgang soll man bei Untersuchung der früheren Entwicklungsperioden der Ringgefässe stufenweise verfolgen können.

Die Entscheidung der Frage, welche von diesen beiden Ansichten die richtige sei, wird wohl Manchem einfacher und leichter erscheinen, als sie in der That ist. Man könnte glauben, ein gutes Mikroskop, einige Geschicklichkeit im Präpariren und hinreichende Geduld werden die Schwierigkeiten, welche die geringe Grösse, die Zartheit und Weichheit der noch in ihren ersten Entwicklungsstadien befindlichen Gefässe der Untersuchung entgegensetzen, leicht überwinden lassen. Das verhält sich allerdings so, allein damit ist die Sache noch nicht im Reinen, denn die hauptsächlichste Schwierigkeit, welche man bei Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte eines vegetabilischen Organes zu überwinden hat, ist im vorliegenden, wie in vielen andern Fällen hauptsächlich darin begründet, dass das Organ, dessen Entwicklungsweise ermittelt werden soll, nicht in jedem einzelnen Falle vollkommen denselben Bau besitzt, sondern dass in den einzelnen Fällen, die man untersucht, grössere oder kleinere individuelle Abweichungen vom Normaltypus vorkommen, welche häufig die Entscheidung darüber, ob man eine bestimmte, normale Entwicklungsstufe oder eine zufällige bleibende Abnormität vor sich hat, höchst schwierig machen. Unter solchen Umständen wird der Beobachter, welcher die Entwicklung eines Organes niemals unmittelbar vor sich gehen sieht, sondern ihren Gang aus einer geringern oder grössern Menge isolirter Entwicklungsstufen errathen muss, nur zu leicht verleitet, einen zufälligen, unbedeutenden Umstand für ein wesentliches Moment zu halten und auf solche abweichende, vielleicht ganz richtig beobachtete Fälle eine falsche Theorie zu bauen. Vor solchen Missgriffen kann nur eine bedeutende Vervielfältigung der Beobachtungen schützen.

Ehe ich zur Betrachtung der Ringgefässe selbst übergehe, erlaube ich mir einige Bemerkungen über die Faser der Spiralgefässe vorauszuschicken.

Dass die Faser der Spiralgefässe kein eigenthümliches, für sich bestehendes Gebilde ist, sondern als die in spiralförmiger Richtung in ein oder in mehrere parallel laufende Bänder getheilte secundäre Membran des Gefässschlauches betrachtet werden muss, darüber kann für den, welcher die Entwicklungsgeschichte der Spiralgefässe und der Spiralzellen untersuchte und die durchgreifende Analogie dieser beiden Bildungen unter einander und mit den getüpfelten Zellen erkannt hat, kein Zweifel stattfinden. Ich verweise daher in Beziehung auf den näheren Bau dieser sogenannten Faser auf meine Abhandlung über den Bau der Zellmembran, indem alles, was von dem Baue der Membran der Spiralzelle gilt, auch auf die Wandung des Spiralgefässes Anwendung findet. Dagegen ist es in Beziehung auf das über die Ringgefässe Anzuführende nicht überflüssig, einige besondere, die Spiralfaser betreffende Punkte näher ins Auge zu fassen.

Ich habe in der angeführten Abhandlung die Gründe auseinandergesetzt, welche dafür sprechen, dass den secundären Zellmembranen eine faserige Structur zukomme, welche sich durch Streifung und durch grössere Zerreissbarkeit in spiraliger Richtung, durch Vertiefungen und Furchen, welche in derselben Rich-

tung verlaufen, und in höherem Grade durch Spalten, welche die ganze Dicke der Zellmembran durchdringen, ausspreche. Alle diese Verhältnisse, welche wir so häufig an denjenigen Stellen der Zellmembran, welche zwischen den Tüpfeln der Zellen liegen, finden, treffen wir auch bei den Fasern der abrollbaren Spiralgefässe, nur sind sie hier weit seltener erkennbar, theils weil sie bei der gewöhnlich sehr geringen Breite der Spiralfaser schwieriger zu beobachten sind, theils weil häufig die Spiralfaser auch unter den stärksten Vergrösserungen sich dem Auge als homogen darstellt. Wenn dagegen die Spiralfaser eine bedeutende Breite besitzt, so dass dieselbe mehr einem platten Bande, als einem halbrunden oder viereckigten Faden gleicht, so wird dieselbe allerdings in vielen Fällen kein homogenes Aussehen besitzen, sondern es zeigen sich auf derselben seichtere oder tiefere Furchen, welche der Länge nach in einer Reihe oder auch nebeneinander auf der Faser verlaufen, und im letzteren Falle derselben ein netzartiges Aussehen ertheilen (Tab. XI. fig. 2 und 5 aus *Commelina tuberosa*). In andern Fällen durchdringen diese Furchen die ganze Dicke der Faser, so dass diese stellenweise in zwei oder mehrere nebeneinander laufende Fasern zerfällt. Diese Fasern verlaufen nun parallel unter einander, oder die abgetrennte Faser vereinigt sich wieder nach einer kürzeren oder längeren Strecke mit der andern, oder es verlässt der eine, durch die Theilung entstandene Ast der Faser den andern, in der bisherigen Richtung weiter fortlaufenden Theil, steigt in einer steileren spiraligen Richtung auf, bis er die nächst höhere Windung der Faser erreicht und mit dieser verschmilzt. So haben wir also bloss durch compacte Vereinigung aller Bestandtheile der Faser, oder durch schwächeres oder stärkeres Auseinandertreten derselben zu einzelnen Strängen, durch Abweichungen im Verlaufe der letzteren von der Richtung der Hauptfaser und durch netzartige Verschmelzung dieser isolirten Stränge unter einander im Kleinen beinahe alle die verschiedenen Modificationen der Bildung, welche wir an den secundären Schlauchschichten finden.

Was die Richtung, in welcher die Spiralfaser gewunden ist, anbetrifft, so hat diese zwar zum Baue des Gefässes keine bestimmte Beziehung, es mögen aber doch einige Bemerkungen hierüber nicht überflüssig sein, da über diesen Gegenstand manches Unrichtige und zum Theil auf mangelhafter Kenntniss der Eigenschaften der Schraubenlinie Beruhende geschrieben wurde. Ich habe schon an einem andern Orte angegeben, dass die Spiralgefässe in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle rechts gewunden sind, d. h. dass die Windung der Faser, wenn sich der Beobachter in die Achse des Cylinders denkt, um welchen die Schraubenlinie aufsteigt, vor dem Beobachter von seiner linken Seite nach rechts aufwärts geht, wie z. B. das in fig. 5 abgebildete Gefäss [1]). Wie die meisten andern Phytotomen, gibt Dr. Schleiden an, dass die Spiralfaser bald rechts, bald links gewunden sei, und glaubt wenigstens als vorläufige Regel angeben zu können, dass gleichzeitig sich entwickelnde spiralige Bildungen, welche in der Richtung des Radius unmittelbar an einander liegen, homodrom, die in der Richtung der Parallelen der Peripherie aneinanderliegenden dagegen heterodrom seien, wobei er sich auf die constante Kreuzung der Porenspalten bei benachbarten Parenchym- und Holz-

1) Ein rechts gewundenes Spiralgefäss ist daher in der gleichen Richtung gewunden, in welcher eine Schraube gewunden ist, welche der Mechaniker links gewunden nennt.

zellen, wenn man sie auf parallel mit den Markstrahlen geführten Schnitten betrachte, beruft. Ich muss gestehen, dass mir diese Regel nicht einleuchten will, und dass mir nicht deutlich ist, wie Dr. SCHLEIDEN die Kreuzung der Porenspalten als einen Beweis für ungleichförmige Windung der Fasern anführen kann, indem sie gerade das Gegentheil beweist. Eine Kreuzung der Porenspalten sieht man, wenn zwei mit Poren versehene Gefässe oder Zellen übereinander liegen und die aneinander liegenden Wandungen in entgegengesetzter Richtung gewunden sind; dieses letztere ist aber natürlicherweise nur dann möglich, wenn die Windung in beiden Gefässen homodrom ist. Dass man die Porenspalten auf einem mit den Markstrahlen parallelen Schnitte gewöhnlich gekreuzt sieht, ist vollkommen richtig, es beweist dieses, dass die verschiedenen Schichten von Zellen, welche man auf einem solchen Schnitte unter einander liegen sieht, gleichläufig gewunden sind; da nun zu gleicher Zeit auch die Zellen einer jeden solchen Schichte unter einander gleichläufig sind, so folgt klar daraus, dass im Allgemeinen alle Zellen einer Pflanze homodrom sind. So wird man es auch in der That bei der Untersuchung verschiedener Schnitte derselben Pflanze finden.

Linksgewundene Spiralgefässe kommen allerdings vor; ich muss aber auch noch jetzt, ob ich sie gleich in neueren Zeiten häufiger als früher aufgefunden habe, darauf bestehen, dass sie weit seltener als rechtsgewundene und nur als Ausnahme von der Regel zu betrachten sind, indem man bei den meisten Pflanzen vielleicht hundert Spiralgefässe rechtsgewunden sieht, bis man ein einziges linksgewundenes trifft. Es verhält sich dieses allerdings bei verschiedenen Pflanzen verschieden, und ich kann noch nicht angeben, ob es gewissen Arten oder nur gewissen Individuen eigenthümlich ist, dass bei ihnen häufiger linksgewundene Spiralgefässe vorkommen, allein in der Regel sind sie, wie gesagt, rechtsgewunden. Dass die Windung nach rechts oder links bei den Spiralgefässen von der Bildung der umliegenden Theile ganz unabhängig ist, dafür spricht der Umstand, dass nicht nur in einzelnen Fällen die Fasern in zwei über einander stehenden Schläuchen desselben Gefässes in entgegengesetzter Richtung gewunden sind, sondern dass ich ein paarmal selbst in demselben Gefässschlauche (beim Kürbis) die durch Ringe von einander geschiedenen Abtheilungen der Spiralfaser in entgegengesetzter Richtung gewunden sah, (vgl. fig. 3.).

Betrachten wir die Faser der ausgebildeten Ringgefässe [1]), so finden wir den Bau derselben dem der Spiralfaser ganz analog, insoferne die Ringe bald aus einer scheinbar homogenen Substanz bestehen, bald aber auch Andeutungen einer bestimmten Structur zeigen. Bei breiten Fasern, wie bei *Commelina tuberosa*, ist es nicht selten der Fall, dass die Fasern eine Menge linienförmiger seichterer Furchen oder durchdringender Spalten besitzen, welche ein Netz mit sehr schmalen und langgezogenen Maschen bilden (fig. 1. u. 7.). Noch häufiger ist es, dass sich solche Spalten nur in der Mittellinie der Faser in einer unterbrochenen Reihe finden, oder dass dieselben ineinander fliessen und so den Ring in zwei übereinander liegende Ringe

1) Ich wählte zu den Beobachtungen über die Ringgefässe vorzugsweise die *Commelina tuberosa*, weil ich diese Species in Menge besass, so dass ich eine beliebige Menge von Exemplaren zur Untersuchung verwenden konnte, was bei den übrigen im hiesigen Garten cultivirten Arten dieser Gattung nicht in diesem Grade der Fall war.

theilen (fig. 4. aa. *Commelina tuberosa*). Wenn diese Theilung der Ringe in zwei unmittelbar übereinanderliegende Ringe vorkommt, so findet sie sich zwar nicht selten sehr regelmässig an jedem Ringe eines Gefässes, häufig findet dieses aber auch nicht statt, sondern es wechseln getheilte und ungetheilte Ringe auf unregelmässige Weise mit einander ab, und die letzteren sind bald eben so breit, bald halb so breit als die getheilten, bald besitzen sie eine im Verhältnisse zu den letzteren sehr geringe Breite (fig. 1. *Commelina tuberosa.*)

Die Richtung in welcher diese Theilungslinie verlauft, ist den Seitenrändern des Ringes parallel, wie schon aus dem Umstande erhellt, dass der Ring durch diese Spalte in zwei übereinanderliegende Ringe, die einander bald unmittelbar berühren, bald in einer kleinen Entfernung von einander stehen, gespalten wird. Nach Dr. Schleiden's Angabe soll diese Theilungslinie davon herrühren, dass je zwei Windungen der Spiralfaser mit einander mehr oder weniger vollständig verwachsen sind. Es ist leicht einzusehen, dass in diesem Falle die Theilungslinie spiralförmig von dem einen Rande des Ringes bis zum anderen verlaufen müsste und dass sie nicht mit den Rändern desselben parallel sein könnte. Da nun aber das letztere constant stattfindet, so muss diese Erklärung von dem Ursprunge und der Bedeutung der Theilungslinie verworfen werden.

Die Ringe sind bei dem entwickelten Ringgefässe entweder völlig isolirt von einander, oder es stehen zwei oder mehrere Ringe unter einander in Verbindung und zwar auf verschiedene Weise. Nicht selten ist es, dass die Theilungslinie eines Ringes denselben nicht längs seiner ganzen Peripherie theilt, sondern dass beide übereinanderliegende Ringe an einer kürzeren oder längeren Strecke verwachsen sind. In diesem Falle ist es nicht selten, dass die getrennten Theile mehr oder weniger von einander klaffen, und schief auf der Achse des Gefässes stehen, (fig. 6. aus *Commelina tuberosa.* Dieselbe Form kommt sehr häufig bei *Canna indica* vor).

In andern Fällen, und dieses ist das gewöhnlichste Verhältniss, stehen die Ringe in grösserer oder geringerer Entfernung von einander, und es verlauft zwischen ihnen eine regelmässige Spiralfaser, welche je nach den Entfernungen der Ringe einen oder mehrere, oft viele Umläufe beschreibt. Hier kommen nun mehrere Modificationen vor. Ein sehr gewöhnlicher Fall ist es, dass von einem Ringe eine Spiralfaser auslauft, welche die gleiche Breite, wie die Ringfaser besitzt, und deren Windungen ungefähr eben so weit, als an dem mit Ringen besetzten Theile des Gefässes die Ringe, von einander abstehen (fig. 3. vom Kürbis). Mit ihrem andern Ende schliesst sich die Faser ebenfalls an einen geschlossenen Ring an, auf welchen nun isolirte, oder wieder durch Spiralfasern verbundene Ringe folgen.

Sehr häufig ist es auch, dass die zwischen zwei Ringen verlaufende Spiralfaser sich nicht an die Ringe anschliesst, sondern dass ihre Enden sich zuspitzen und in einiger Entfernung von dem Ringe endigen. Dieses ist z. B. im Stengel des Kürbis ungefähr ebenso häufig als der vorhergehende Fall (fig. 2. a *Commelina tuberosa*, fig. 3. *b.* beim Kürbis).

Nicht selten ist es auch, dass von zwei einander diametral entgegengesetzten Punkten eines Ringes zwei Fasern auslaufen, welche in paralleler Richtung weiter laufen.

Seltener als die Fälle, in welchen die verbindende Spiralfaser dieselbe Breite wie die Ringe besitzt, kommen Verbindungen zweier Ringe durch zarte Fasern vor, welche meistens nur eine einzige oder wenigstens wenige Windungen beschreiben (fig. 1. 8. u. 9. aus *Commelina tuberosa*). Dieses Verhältniss findet sich vorzugsweise häufig bei solchen Gefässen deutlich ausgesprochen, deren Ringe nicht homogen sind, sondern bei welchen die Ringfaser durch mehrfache Spalten in netzförmig zusammenhangende Stränge getheilt ist, wie bei dem in fig 1. abgebildeten Gefässe. Die Breite der Verbindungsfasern der verschiedenen Ringe steht in keinem bestimmten Verhältnisse zur Breite der Ringfasern, sondern sie beträgt bald ungefähr die Hälfte (fig. 8.), bald einen weit unbedeutenderen Bruchtheil der letzteren (fig. 1.). Der Punkt, welcher die hauptsächlichste Berücksichtigung dabei verdient, ist die Verbindungsstelle der Spiralfaser mit der Ringfaser. Wenn man diese unter einer hinreichenden Vergrösserung betrachtet, so wird man finden, dass sich zwar allerdings zuweilen (fig. 8 u. 9.) von der Ringfaser ein Theil ablöst und in spiraliger Richtung aufwärts steigt, dass hingegen in den meisten Fällen an der Verbindungsstelle beider Fasern die Ringfaser nicht schwächer wird, sondern dass sich die Spiralfaser gleichsam nur an den Seitenrand der ringsum gleich dicken Ringfaser anheftet (vgl. fig. 1. 3 u. 10.). Es kommen sogar Fälle vor, in welchen dieses nicht einmal in der Richtung der Spirale erfolgt, sondern wo sich die Spiralfaser in zwei divergirende Schenkel endigt (fig. 10. a. *Commelina tuberosa*), welche nach rechts und links auseinander treten und mit der Ringfaser zusammenfliesen.

Betrachten wir die angegebenen Verhältnisse der Ringfasern und der dieselben verbindenden Spiralfasern, so müssen dieselben gegen die Richtigkeit der Schleiden'schen Theorie von der Entstehung der Ringgefässe starke Zweifel erregen. Die in vielen Ringen stattfindende Theilung ist nämlich, wie schon bemerkt, nichts weniger als ein Beweis von der Zusammensetzung der Ringe aus zwei verwachsenen Windungen einer Spiralfaser, sondern die mit den Rändern der Ringe parallele Richtung der Theilung spricht entschieden gegen diese Erklärung und weist darauf hin, dass wir in diesen mehr oder weniger getheilten Ringen eine Uebergangsbildung vom einfachen Ringe zu zwei in grösseren Entfernungen von einanderliegenden Ringen vor uns haben. Eine ganz analoge Bildung kommt auch bei der Spiralfaser vor. Es finden sich nämlich Spiralgefässe, deren Faser in der Mitte von einer schmalen Spalte durchzogen ist (fig. 4. *b* von *Commelina tuberosa*), bei welcher Faser also das Zerfallen der einfachen Spiralfaser in zwei in einiger Entfernung von einander parallel neben einander verlaufende Fasern erst angedeutet ist.

Gegen eine Ableitung der Ringe aus verwachsenen Windungen eines Spiralgefässes spricht ferner das Verhältniss der Ringe zu den spiralförmigen Verbindungsfasern. Einmal spricht dagegen, dass bei sehr regelmässiger Ausbildung der Gefässe die Ringe und Fasern meistens die gleiche Breite besitzen (fig. 3. u. 4.), was nicht der Fall sein könnte, wenn die Ringe aus einer doppelten Windung der Faser bestünden. Ferner spricht dagegen der Umstand, dass wenn schmale Spiralfasern die Ringe verbinden, die Breite dieser Fasern in keinem bestimmten Verhältnisse zur Breite der Ringe und der an ihren sichtbaren Abtheilungen steht (fig. 1.). Ferner spricht dagegen der Umstand, dass die Fasern bald mit den Ringen verwachsen, bald von ihnen getrennt sind, ferner dass die Spiralfasern, wenn sie mit den Ringen zusammenhängen, in man-

chen Fällen der ganzen Form der Verbindungsstelle nach nicht als ein Theil der den Ring bildenden Fasermasse, welcher sich vom Ringe abtrennt und in spiraliger Richtung weiter lauft, betrachtet werden können.

Diese Betrachtung der Faser der entwickelten Ringgefässe glaubte ich voranschicken zu müssen, weil die Beobachtungen, welche an entwickelten Gefässen angestellt sind, nothwendigerweise schärfer und sicherer sind, als die an jugendlichen Gefässen angestellten, nicht sowohl wegen der bedeutenderen Grösse der erwachsenen Gefässe, sondern weil bei der bedeutenderen Dicke ihrer Fasern, bei der grösseren Entfernung derselben von einander, bei dem Mangel des schleimigen Inhaltes, welcher die Gefässe während ihrer Jugend ausfüllt, sich die erwachsenen Gefässe mit weit schärfer gezeichneten Umrissen darstellen und die Beschaffenheit ihrer Fasern leichter zu beobachten ist. Es kann nun zwar allerdings vom Bau eines entwickelten Organes kein Schluss auf die Art, wie es sich entwickelt, gemacht werden, allein eine genauere Untersuchung der Structur des erwachsenen Organs ist insoferne auch bei der Bearbeitung seiner Entwicklungsgeschichte vom grössten Werthe, als dieselbe immerhin mit ein Mittel ist, die Wahrheit einer über die Entwicklungsgeschichte aufgestellten Theorie zu prüfen, da diese nicht im Widerspruche mit den Ergebnissen der Untersuchung des erwachsenen Organes stehen darf.

Im vorliegenden Falle findet nun dem Angeführten zu Folge ein solcher Widerspruch zwischen dem Baue der entwickelten Ringgefässe und der Schleiden'schen Theorie statt. Sehen wir nun, was die Untersuchung der jugendlichen Gefässe über die Entwicklungsweise derselben lehrt.

Ich wählte zuerst die Stämme von verschiedenen Pflanzen, besonders von *Commelina tuberosa* zur Untersuchung, da Dr. Schleiden angiebt, er hätte die Umwandlung der Spiralgefässe in Ringgefässe in den jüngsten Internodien unterirdischer un oberirddischer Stämme gesehen. Das Resultat war für die Schleiden'sche Theorie nicht günstig. Zur Untersuchung der frühesten Entwicklungsperioden passen die im innern Winkel der Gefässbündel liegenden Ringgefässe nicht, sie durchlaufen ihre Entwicklung zu schnell, und haben einen zu geringen Durchmesser, die Windungen ihrer Fasern liegen im Anfange zu enge aneinander, als dass Beobachtungen, welche an ihnen angestellt sind, für sicher gehalten werden dürfen. Dagegen bieten die weiter nach aussen zu liegenden grösseren Gefässe diese Schwierigkeiten in weit geringerem Grade dar, doch tritt auch bei ihnen der ungünstige Umstand ein, dass ihre Ringe im Laufe der Entwicklung wegen des geringen Längenwachsthumes der Gefässschläuche einander ziemlich genähert bleiben, was in manchen Fällen die Unterscheidung des ringförmigen und des spiralförmigen Verlaufes der Fasern erschwert und jedenfalls die Entscheidung darüber, ob zwischen je zwei Ringen eine zarte, später sich auflösende Spiralfaser verlauft oder nicht, in manchen Fällen ziemlich misslich macht.

Ich glaube jedoch mit Sicherheit beobachtet zu haben, dass von Anfang an, sobald ich auf der innern Fläche des Gefässschlauches die Fasern unter der Form von zarten, durchsichtigen, schmäleren oder breiteren Bändern unterscheiden konnte, dieselben nicht durchaus spiralförmig verliefen, sondern wie bei den erwachsenen Gefässen theils vollständige, isolirte Ringe von verschiedener Breite, theils

Ringe, zwischen welchen Spiralfasern verliefen, bildeten, so dass mit Ausnahme der geringen Dicke der Fasern und der geringen Entfernung der Ringe von einander kein wesentlicher Unterschied von den ausgebildeten Gefässen zu finden war.

Da mich jedoch diese Untersuchungen der Gefässe des Stammes nicht vollständig befriedigten, und da mir aus meinen früheren Untersuchungen der Wurzeln von Palmen und andern Monocotylen bekannt war, dass sich in diesem Organe die Entwicklungsgeschichte der Gefässe mit weit grösserer Sicherheit als im Stamme beobachten lässt, so unterwarf ich die Wurzeln von *Commelina tuberosa* einer sorgsamen Untersuchung, deren Resultat ich auch für entscheidend halte. Die Untersuchung der Wurzel bietet den grossen Vortheil vor der Untersuchung des Stammes dar, dass sich auf den grösseren, dem Centrum näher gelegenen Gefässen die Fasern erst in einer ziemlich späten Periode entwickeln, in welcher das Längenwachsthum bereits beendigt ist. Es haben desshalb die Gefässschläuche in der Zeit, in welcher ihre Fasern zur Entwicklung kommen, nicht nur bereits eine sehr beträchtliche Grösse erreicht, sondern es liegen auch ihre Fasern von Anfang an in grösseren Entfernungen von einander und es lässt sich ihre allmählige Ausbildung Schritt für Schritt verfolgen, wenn man die Wurzel von einem bis zum andern Ende untersucht. Erleichtert wird überdiess die Beobachtung dadurch, dass die Gefässe in einem sehr durchsichtigen Zellgewebe eingelagert sind. Bei diesen Untersuchungen erkannte ich mit vollkommenster Deutlichkeit und ganz übereinstimmend mit den Beobachtungen, welche ich an Palmenwurzeln schon vor Jahren angestellt hatte, dass schon in den ersten Perioden, in welchen die Fasern auftreten, wenn sie noch so zart, schmal und durchsichtig sind, dass sie oft nur bei Beschränkung des Lichtes sichtbar werden, dieselben bereits alle die verschiedenen Formverschiedenheiten zeigen, welche man an den erwachsenen Gefässen beobachtet. Man findet hier dieselbe Abwechslung von Ring- und Spiralfasern, netzförmig verzweigten Fasern, wie später, davon aber, dass in allen Gefässschläuchen zuerst eine Spiralfaser auftrete, dass je zwei Windungen von dieser mit einander verwachsen, dass alsdann die verbindenden Stücke der Spiralfaser aufgelöst werden, fand ich auch nicht eine Spur, und ich halte es für unmöglich, dass mir dieser Uebergangszustand zwischen Spiralgefäss und Ringgefäss, wenn er vorhanden wäre, hätte entgehen können, da ich in vielen Wurzeln die Gefässe von dem Zeitpunkte, in welchem ihre Schläuche geschlossene, dünnwandige Zellen, in welchen ein Nucleus liegt, darstellen, bis zur vollendeten Ausbildung verfolgte.

Es stimmt somit die Untersuchung der Entwicklungsgeschichte der Ringgefässe mit der Untersuchung der erwachsenen Gefässe überein. Beide zeigen gleichmässig, dass Ringgefässe, Spiralgefässe und netzförmige Gefässe drei verschiedene, aufs nächste mit einander verwandte und vielfach in einander übergehende Formen sind, dass sie aber nicht als zeitliche Metamorphosenstufen desselben Gefässschlauches betrachtet werden dürfen. Eine spiralige Structur ist allerdings in den secundären Schichten der Gefässe die gewöhnliche und normale, allein sie ist nicht die einzige. Die ringförmige kommt als primäre Bildung vor und bildet gleichsam die Mittelstufe zwischen der links und der rechts

gewundenen Spirale. Ausserdem kommt die netzförmige Structur ebenfalls primär vor, bald mit mehr Hinneigung zur rein spiralförmigen, bald zur ringförmigen Form.

Es stehen somit meine Untersuchungen über die Ringgefässe denen Dr. SCHLEIDEN's direkt entgegen. Dessen ungeachtet bin ich weit entfernt, zu behaupten, es habe Dr. SCHLEIDEN unrichtig beobachtet; im Gegentheile auch in dieser Arbeit zeigt er sich, wie immer, als ein tüchtiger, das Mikroskop mit Gewandtheit gebrauchender Forscher, allein ich glaube, dass die Deutung des von ihm Gesehenen nicht richtig ist, und dass er zufällige, bleibende Formabänderungen für regelmässige, vorübergehende und nothwendige Metamorphosenstufen gehalten hat.

XXIII.

Anatomische Untersuchungen

über

die porösen Zellen von Sphagnum.

(Dissertation vom Jahr 1837.)

Zu den interessantesten Formen des Pflanzen-Zellgewebes, welche wegen ihrer vom gewöhnlichen Baue der Pflanzenzellen abweichenden Bildung und wegen der einander widersprechenden Beschreibungen, die von verschiedenen Phytotomen gegeben wurden, einer wiederholten und genauen Untersuchung bedürfen, gehören die Zellen, welche die Blätter und die äusserste Schichte des Stengels der *Sumpfmoose, Sphagnum,* bilden.

Die erste Nachricht über den besondern Bau der Blätter von *Sphagnum* gab Hedwig[1]). Indem er nämlich die Frage, ob die Moosblätter ein ähnliches Gefässnetz, wie die Blätter der Phanerogamen, besitzen, untersucht und dieselbe nicht mit Bestimmtheit zu entscheiden wagt, weil die geringe Grösse der Moosblätter ihn gehindert hatte, diesen Umstand durch Beobachtungen gehörig aufzuklären, so setzt er bei: „Sphagni palustris folia equidem ejusmodi quid commonstrare videntur. Areolae horum retium, omnium fere sunt maximae, carentes omnino parenchymate. Apparent intra istas tenuissima vascula transversa; quae inter attenta consideratione reperies duplicata excurrere, ut inde augurari liceret; primarios ductus duplicatos existere."

Eine genaue Untersuchung dieser Blätter stellte erst Moldenhawer an; derselbe spricht an mehreren Stellen seines in Beziehung auf Genauigkeit der Beobachtungen immer noch unübertroffenen Werkes von denselben und lieferte auch von ihren Zellen die besten Abbildungen, welche wir von ihnen bis auf den heutigen Tag besitzen.

Die Eigenthümlichkeiten dieser Zellen bestehen nach der Angabe von Moldenhawer in zwei Umständen; einmal in der Anwesenheit von spiralförmig gewundenen Fasern in denselben, und zweitens im Vorkommen von grossen, runden Oeffnungen in ihren Wandungen.

1) Fundamentum histor. natur. muscor. frondos. T. I. p. 25.

Die spiralförmig gewundenen Fasern dieser Zellen vergleicht MOLDENHAWER[1]) mit dem von ihm mit dem Ausdrucke des Zellgewebes bezeichneten Fasersysteme, welches nach seiner Annahme zwischen den Pflanzentheilen liegt und dieselben verbindet; ein System, dessen Existenz von den späteren Phytotomen geläugnet wurde, zu dessen Annahme aber, wie VALENTIN ganz richtig bemerkt, MOLDENHAWER wohl durch Beobachtung der von mir unter dem Ausdrucke der Intercellularsubstanz beschriebenen homogenen, zwischen den Zellen liegenden Masse bewogen worden sein mag. Die Fasern dieses Zellgewebes vergleicht MOLDENHAWER mit den Fasern der Insectentracheen und giebt an, dass sie in den Zellen der Blätter von *Sphagnum obtusifolium* theils spiralförmig gewunden, theils aber auch in gerader Form angetroffen werden. In den Blättern von *Sphagnum* liegen nach seiner Angabe zwischen diesen Faserzellen andere, netzförmig verbundene, grüne Zellen, welchen diese Fasern fehlen. Diese Faserzellen vergleicht MOLDENHAWER später[2]) mit den Spiralgefässen der Pflanzen und giebt dabei eine Beschreibung der in ihrer Wandung befindlichen Oeffnungen mit folgenden Worten; „Jene schlauchförmigen Röhrchen, welche in einer äusserst vereinfachten Form aus den Spiralgefässen des Stengels entstehen, haben runde Oeffnungen. Wenn man jene Theile in vieler Feuchtigkeit betrachtet, so stellen sich jene Oeffnungen so schwach dar, dass man sie nur mittelst eines vorzüglichen Instrumentes erkennen kann, indem die Haut der Röhre nun eine so grosse Durchsichtigkeit erhält, dass man sie nicht von der wenig helleren Oeffnung unterscheidet, welche von dem durch die untere Wand der Röhre durchfallenden Lichte erleuchtet wird, und auch darum etwas dunkler erscheint, weil die Röhre mit Wasser erfüllt ist. Wenn man aber die Feuchtigkeit etwas vermindert, so wird die Membran weit dunkler und die Oeffnungen werden ungleich heller, bis sie endlich in den trockenen Röhrchen so unverkennbar sind, dass man sie selbst mit einem sehr mittelmässigen Instrumente nicht verfehlen kann, und nun deutlich durch dieselben in die Höhlung des Röhrchens bis auf seine hintere Wand sieht, welche man immer bestimmter wahrnimmt, je näher man sie dem Focus bringt. Wenn man diese Oeffnungen genauer betrachtet, so sieht man bald, dass sie theils einzeln, theils mehr oder weniger genau einander gegenüber liegen, so dass die austretende Feuchtigkeit des einen Grundtheils in den andern übergehen kann, doch so, dass sie zugleich der unmittelbaren Einwirkung der Luft und des Lichts ausgesetzt wird. Stellt man den Stengel des Mooses mit den unteren, hängenden Zweigen in eine gefärbte Flüssigkeit, so wird dieselbe durch ihre zahlreichen Oeffnungen eingesogen, dringt aus ihnen in die Spiralgefässe des Stengels, aus diesen in die Blätter der oberen Zweige, und tritt daselbst durch jene Oeffnungen so lebhaft aus, dass ein feines Löschpapier, mit dem man die Blätter leise berührt, davon gefärbt wird. Wir sehen also hier die mannigfaltigen Verrichtungen der Oberhaut, der Spaltöffnungen und anderer Organe durch einen einzigen Grundtheil ersetzt, welcher die nährende Flüssigkeit einsaugt und dieselbe, indem sie aus einem Röhrchen in das andere übergeht und jene grünen Schläuche befeuchtet, zugleich den Einflüssen der Atmosphäre aussetzt. Es bedarf hier keiner Erzeugung neuer Schichten, indem die jüngeren Stengel sich

1) Beiträge zur Anatomie der Pflanzen. 1812. p. 117.

2) l. c. p. 213.

niederlegen und ihre unteren Blätter die Stelle der Wurzeln vertreten, wenn nur das Ganze den angemessenen, feuchten Standort geniesst. Einzelne zwischen jene Röhrchen geordnete Schläuche sind das einzige Organ, welches aus dem Gehalte des ersteren Grundtheils die eigenthümlichen Säfte bereitet."

Diese Angaben Moldenhawer's wurden von Sprengel [1]) bestätigt; die von ihm gegebene Abbildung steht den von Moldenhawer gelieferten Abbildungen weit nach, giebt die zwischen den Faserzellen liegenden grünen Zellen gar nicht an (sie ist höchst wahrscheinlich nach einem getrockneten und wieder aufgeweichten Exemplare gezeichnet) und stellt die Spiralfäden nicht gut dar. Sprengel will einen ähnlichen Bau auch bei *Leskea complanata* gefunden haben, und vermuthet, dass das Zellgewebe der meisten Laub- und Aftermoose auf ähnliche Art gebildet sei.

Eine von der Ansicht Moldenhawer's sehr abweichende Meinung äusserte Link [2]) über die in Rede stehenden Zellen, indem er dieselben für zusammengesetzte Zellen erklärte, und glaubte, die scheinbaren Spiralfasern werden durch die Ränder der kleineren Zellen gebildet.

Eine weitere Bestätigung erhielten dagegen Moldenhawer's Beobachtungen durch mich, als ich bei meinen Untersuchungen über die sogenannten Poren der Pflanzenzellen den Blättern von *Sphagnum* eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen hatte; ich äusserte mich über diesen Punkt in folgenden Worten: [3]) „Ich beschränke mich darauf, einen näheren Beweis für die Existenz der von Moldenhawer entdeckten Oeffnungen zu geben, da durch die grössere Helligkeit dieser Stellen und durch den Umstand, dass man durch sie klar und deutlich die hintere Wandung der Zelle sehen kann, die Natur derselben, als solcher, noch nicht strenge bewiesen wird, indem ja noch immer eine zarte Membran dieselben verschliessen könnte. Auf das Bestimmteste kann man sich davon überzeugen, dass keine solche Membran vorhanden ist, und dass die helleren Kreise wirkliche Oeffnungen sind, wenn man mit einem scharfen Messer viele Einschnitte in den Rand dieser Blätter macht, wodurch häufig solche Kreise mitten durchgeschnitten werden. Wäre nun eine verschliessende Membran vorhanden, so müsste man bei der Grösse dieser Kreise leicht die Ränder dieser Haut sehen, wovon aber auch die genauste Untersuchung nichts zeigt. Dieselbe Bildung, wie bei *Sphagnum obtusifolium,* traf ich bei *Sphagnum acutifolium, cuspidatum, squarrosum, subsecundum* an."

Das Vorkommen dieser Oeffnungen wurde von Meyen in Abrede gestellt, welcher den Bau der Sphagnumblätter bei seinen Untersuchungen über den Inhalt der Pflanzenzellen berücksichtigte [4]), und einige Abbildungen, welche aber nicht zu den gelungensten gehören, von denselben giebt. Er sagt: die Zellen dieser Blätter seien zweifacher Art: „1) grössere, von bedeutendem Umfange, die in ihrem Innern eine spiralförmig gewundene Faser enthalten; 2) kleinere, die stets zwischen zwei grösseren, mit Spiralfasern gefüllten Zellen liegen und letztere zusammenhalten. Die kleinen, schmalen Zellen enthalten Saftbläschen, die grösseren hingegen, mit den Spiralfasern, Wasser oder Luft. In jungen Exemplaren von *Sphagnum submersum*

1) Anleitung zur Kenntniss der Gewächse. 2te Aufl. Bd. I. p. 23. Tab. IV. Fig. 20.

2) Elem. phil. botan. 1824. p. 105.

3) Ueber die Poren des Pflanzenzellgewebes. 1828. p. 31.

4) Phytotomie. p. 160. Tab. XI.

Nees v. Esenb. ist der Bau der Spiralfaser in den Zellen sehr leicht zu erkennen; wird die Pflanze älter, so verwandelt sich die Spiralfaser in eine Ringfaser, ganz so, wie es bei höheren Gewächsen der Fall ist. Diese Metamorphose ist in den Arten, wo die Zellen lang und schmal sind, äusserst deutlich zu bemerken, schwierig aber im entgegengesetzten Falle. Hier nämlich, wo die Zellen kurz, aber sehr breit und unregelmässig cylindrisch sind, wie bei *Sphagnum obtusifolium* und *palustre*, findet der Fall statt, dass die aus der metamorphosirten Spiralfaser neu entstandenen Ringe hin und wieder in der Zelle umfallen, d. h. sich aus ihrer Richtung begeben und, wohl in entgegengesetzter Lage, sich dicht auf die Zellenmembran lagern. Der Beobachter erhält hiedurch einen genau begrenzten Kreis, den Einige für ein Loch angesehen haben. Zuweilen findet man auch in den äussersten Zellen des Moosstengels diese feinen Spiralfasern, wie es Fig. 7. Tab. XI. abgebildet ist. Das Exemplar, wonach diese Abbildung gemacht wurde, wuchs ganz unter Wasser; man findet diesen Bau auch zuweilen an alten Stengeln, die nicht mehr im Wasser wachsen; andere hingegen, die dicht daneben wachsen, zeigen keine Spur davon. Die Verhältnisse, unter denen diese Erscheinung stattfindet, sind noch nicht aufgefunden.“

Meyen hatte die Fasern in den Zellen von *Sphagnum* mit verschiedenen andern Bildungen zusammengestellt, auf deren Zellwandungen ebenfalls Fasern sichtbar sind, und hatte diese Fasern zum Inhalte der Zellen gerechnet, und in einem Capitel seiner Phytotomie, welches vorkommende Faserbildung im Zellensafte überschrieben ist, zusammengefasst. Gegen diese Ansicht sprach ich mich in folgender Stelle aus[1]): „Ueberhaupt muss ich hier bemerken, dass die ganze Vorstellung von Meyen, als sei jene Faserbildung im *Zellensafte* und gehöre zum *Inhalte der Pflanzenzellen*, nicht in der Natur begründet ist, indem alle in den Zellen vorkommende Fasern mit den Zellwandungen verwachsen und integrirende Bestandtheile derselben sind. Dass das Gegentheil stattfinde, dafür führt Meyen auch nicht Einen beweisenden Umstand an, wenn man nicht als solchen eine Hypothese ansehen wollte, welche Meyen ersann, um das Vorkommen der bekannten kreisförmigen Ringe auf den Zellenwandungen von *Sphagnum* zu erklären, von welchen er glaubt, sie entstehen durch das Umfallen eines Faserringes innerhalb der Zellen. Dieses hat aber Meyen gewiss nie gesehen, bei *Sphagnum* eben so wenig, als je in einer andern Pflanze. Nie fällt ein Ring eines Ringgefässes von selbst um, sondern nur wenn man beim Anatomiren mit einem stumpfen Messer das Gefäss mehr zerreisst, als zerschneidet, und selbst unter solchen Umständen sah ich es bei *Sphagnum* nicht. Gänzlich widerlegt wird aber die Meyen sche Ansicht über diese ringförmigen Stellen bei *Sphagnum* durch den Umstand, dass dieser Ring ein Pore umgiebt, denn diese könnte doch nicht Folge des Umfallens eines solchen Ringes sein.

Weitere Untersuchungen über die anatomische Structur dieser Zellen wurden von Fuernrohr[2]) mitgetheilt; dieselben beruhen zwar grossentheils auf Angaben, welche ich Fuernrohr zuschickte, können aber doch als eine weitere Bestätigung der Moldenhawer'schen Angaben über die Oeffnungen dieser Zellen an-

1) Ueber den Bau des Cycadeenstammes; von Hugo Mohl. Abhandlungen der königl. bayerischen Academie zu München. 1832. p. 415.

2) Versuch einer Lebens- und Formgeschichte der Gattung *Sphagnum*. Flora. 1833. I. p. 10. flg.

gesehen werden, insoferne Fuernrohr eigene Untersuchungen über diesen Punkt anstellte; einer näheren Darstellung der im angeführten Aufsatze enthaltenen Angaben können wir uns entheben, indem sie mehr eine Bestätigung früherer Untersuchungen, als neue, vorher unbekannte Resultate enthalten; nur das möchte zu bemerken sein, dass die spiralförmigen Fasern mit den übrigen, auf den Wandungen von Pflanzenzellen vorkommenden Faserbildungen zusammengestellt und dieselben nicht für einen, von der Zellwandung verschiedenen, sondern mit ihm zusammenhängenden Theil erklärt werden.

Einer weitläufigeren Betrachtung unterwarf Meyen diese Zellen in seiner neuesten Schrift über Pflanzenanatomie [1]).

Da ich in meinen Untersuchungen auf diese Darstellung genaue Rücksicht nehmen muss, so will ich die ganze Stelle, welche über den Bau von *Sphagnum* handelt, unverkürzt einrücken; sie bietet zugleich auch ein Muster von der humanen Art und Weise dar, mit welcher der Verfasser die Arbeiten der übrigen Phytotomen beurtheilt. Es heisst daselbst:

„Schon seit des jüngern Moldenhawer's Zeiten ist es bekannt, dass die Gattung *Sphagnum* einen ganz eigenthümlichen, von dem der übrigen Moose durchaus abweichenden Bau zeigt; doch so viel auch bisher über diesen Gegenstand geschrieben ist, so scheint es mir, dass die Erklärung dieses in der That sehr räthselhaften Baues bisher noch immer verkannt ist. Moldenhawer, der Entdecker dieses Gegenstandes bei *Sphagnum obtusifolium*, erklärte den Bau der Blätter jener Pflanze durchaus falsch, und ihm sind die andern Phytotomen meistens gefolgt. Wenn nun gleich die Erklärung über die spiralförmigen Fasern in den Zellen der *Sphagnum-Blätter* noch Vieles zu wünschen übrig liess, so hatte Meyen doch wenigstens die Löcher der Zellen dieser Pflanzen gänzlich abdisputirt, bis Mohl dieselben wieder, fast ganz nach Moldenhawer's alter und falscher Ansicht, gesehen zu haben vorgab. Bei aller Hochachtung, welche ich selbst für Moldenhawer jun. hege, indem in seinem hinterlassenen Werke über Anatomie der Pflanzen eine Menge von sehr guten Beobachtungen vorhanden ist, so kann man doch nicht verhehlen, dass dieser Gelehrte die allersonderbarsten und unrichtigsten Ansichten über verschiedene Gegenstände der Pflanzen-Anatomie verbreitet hat. Einen Beweis hiezu giebt auch die Erklärung der Structur in den Blättern des *Sphagnum obtusifolium*."

„Die Blätter der *Sphagnum*-Arten bestehen aus einer einfachen Schichte von flächenförmig an einander gereihten Zellen. Die frühere Ansicht, welche auch Meyen vortrug, dass nämlich zwei verschiedene Arten von Zellen das Blatt zusammensetzen, von denen die einen Spiralfasern und die andern, die ganz schmalen nämlich, Chlorophyll-Kügelchen enthalten, ist durchaus unrichtig. Diese letztern Zellen wurden durch eine optische Täuschung hervorgerufen; sie sind aber nichts weiter, als die seitlichen Scheidewände, womit sich die Zellen an einander verbinden, und durch die Dicke dieser Zellenmembran, so wie durch das Durchscheinen des untern Randes der Zellenwand, wurde diese Täuschung erzeugt. Hiezu kam noch, dass man die Chlorophyll-Körner, welche den innern Flächen der seitlichen Scheidewände zuweilen anliegen, für

1) Meyen, über die neuesten Fortschritte der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Haarlem. 1836. p. 124. flg.

Zellensaft Bläschen dieser schmalen Zellen ansah, welche zwischen den Zellen mit Spiralfasern liegen sollten. In Fig. 19. Tab. VIII. sieht man dergleichen breite Scheidewände zwischen den einzelnen Zellen; sie zeigen drei Linien, von denen die mittlere die Vereinigungs-Linie der beiden Zellenmembrane und die beiden seitlichen die seitlichen Begränzungen der Membrane sind. In Fig. 20., dicht daneben, sind die Zellen nicht so dick, und hier erscheinen die vereinigten Zellenwände wie gewöhnlich. Hiemit glaube ich nun gezeigt zu haben, dass dergleichen schmale Zellen, welche zwischen den grössern befindlich sein sollen, nicht vorhanden sind, sondern dass die Blätter der *Sphagnum*-Arten aus ganz gewöhnlichen Zellen gebildet werden, welche erst später auf der obern und untern Fläche etwas auflaufen, aber durchaus keine Spur von Löchern zeigen, eben so wenig wie dieses in andern Zellen vorhanden ist."

„Ehe wir zu der Erklärung der feinen Streifen in den *Sphagnum*-Zellen übergehen, müssen wir noch die Meinungen über den Bau dieser Theile näher betrachten. Mohl erklärt nämlich gegen Meyen, dass diese Streifen durchaus keine Fasern wären, wie es Meyen angiebt, sondern dass sie durch ungleichen Wachsthum der Zellenwände in die Dicke hervorgerufen wurden. Es ist freilich wahr, und dieses giebt auch Meyen an, dass diese Fasern mit der innern Wand der Zellen verwachsen sind, was jedoch die Natur der Faser nicht verändert, wenn sie gleich nicht mehr frei für sich darzustellen ist. Indessen Meyen's Ansicht halten wir dennoch für richtig, da wir diese Streifen des *Sphagnum*-Stengels mit Hülfe eines einfachen Mikroskops, als selbstständige Fasern aus ihrer Verbindung haben trennen können. Schon Meyen fand, dass die grossen Zellen, welche im *Sphagnum*-Stengel den äussern Zellenring bilden, sehr häufig auf ihrer innern Wand Spiralfasern enthalten . . ."

„Ich sage nochmals, dass ich diese Fasern unter einem einfachen Mikroskope zergliedert, auch bedeutende Streken von ihrer Zellenwand abgelöst habe, und demnach gehörigen Grund habe, diese spiralförmig gewundenen Streifen für wirkliche, der Zellenwand angewachsene Fasern zu halten, also dieselben nicht blos für zufällige Verdickungen der Membran anzusehen. In den Zellen der Blätter ist mir dieses Trennen der Fasern von den Zellenwänden nicht gelungen, hier giebt aber die Analogie den Beweis, dass sich die Sache daselbst eben so verhalte. Die Blätter sind nämlich Fortsetzungen jener äussern Zellenschicht des Stengels, welche 3, 4 bis 5 Zellen seitlich zu jedem Blatte abgiebt; mit dem Bündel langgestreckter und braun gefärbter Zellen, welche in der Mitte des Stengels die Stelle des Holzbündels vertritt, stehen die Blätter in keiner weitern Verbindung."

„Wenn wir nun gleich gezeigt haben, dass obige Fasern und Streifen in den Zellen der *Sphagnum*-Blätter mit den Spiralfasern in den Stengel-Zellen eben derselben Pflanze identisch sein müssen, so bleibt doch vieles sehr Räthselhafte dabei zu betrachten übrig. Erstlich sind nicht alle Zellen eines Blattes mit diesen Fasern versehen, sondern ihr Auftreten scheint von der Mitte aus zu beginnen. In Fig. 18. Tab. VIII. ist die Basis eines Blattes aus *Sphagnum palustre* dargestellt; die Zellen sind daselbst langgestreckt, und ohne alle Fasernbildung; in Fig. 19. ebendaselbst ist ein Stück desselben Blattes, welches mehr über die Mitte des Blattes gelegen war. Der eine Theil dieser Zellen zeigt die Faserbildung, der andere ist dagegen ganz frei davon, und so waren es alle Zellen von der ganzen Spitze des Blattes. In der Zelle c, Fig. 19.

begann so eben diese Faserbildung, und es zeigt sich daselbst nur eine, queer über die Zelle laufende Faser, welche einen Ring bildet, ähnlich den Ringen der Spiralfasern in den ringförmigen Spiralröhren. An mehreren Stellen der übrigen Zellen dieser Figur sieht man ganz deutlich, dass alle diese Streifen nur Ringe bilden, und die spiralförmig sich windende Faser gänzlich daselbst fehlt. Unsere Meinung ist, dass sich hier die Fasern sogleich zu Ringen bilden, ohne die niedern Metamorphosen-Stufen durchzugehen, man möge demnach diese Fasern in den Zellen der *Sphagnum*-Blätter nicht Spiralfasern, sondern besser Ringfasern nennen. Gleich bei jungen Blättern, wie in Fig. 19. kommt es vor, dass sich eine solche Ringfaser in einem Seitenwinkel der Zelle bildet, wie z. B. bei e, e, e; dieselbe ist offenbar nichts anders als die übrigen queerliegenden Ringe, nur hat sich diese hier seitlich auf die Wand gelegt, während die andere queer durch die Zelle rund um dieselbe fortläuft, und also auf ihrer seitlichen Ansicht nichts als einen einfachen Streifen zeigen kann."

„Diese mit der Blattfläche parallel gestellten Ringe, welche mit zunehmendem Alter der Pflanze auch an Zahl zunehmen, wie in Fig. 20. zu sehen ist, sind sehr verschieden gedeutet worden, und noch neuerlichst hat sie Herr Mohl und Herr Fuernrohr, auf Mohl's Mittheilungen, sogar für Ringe gehalten, welche die grossen Poren umgeben, wofür nämlich diese Herren die kreisrunden Räume innerhalb dieser Ringe ansehen."

„Mit diesen Poren, welche so bestimmt nicht vorhanden sind, wollte Herr Mohl gegen Meyen beweisen, dass jene Ringe, welche der Blattfläche parallel gestellt sind, keine Ringfasern wären! Die Zellen sollen vielmehr an den Seiten mit einer Reihe von Oeffnungen besetzt sein, welche innerhalb der runden an den Seiten der Zellen liegenden Kreise zum Vorschein kommen, und bald von gleicher Grösse bald etwas kleiner als diese Kreise erscheinen, indem die Membran der Zellen sich noch eine Strecke weit über den, aus einem Faserringe gebildeten Kreis ausdehnen soll. Indessen ist es wohl nicht schwer einzusehen, dass diese besprochenen Ringe durchaus keine Löcher sind, sondern nur durch die Ringfasern erzeugt werden, welche auf der Zellenwand festgewachsen sind. Man sehe die vollständigen Zellen aus der Basis desselben *Sphagnum*-Blattes in Fig. 18. Tab. VIII. und man wird keine Spur darin finden, welche auf ein solches Loch schliesen liesse, oder man sehe überhaupt alle Zellen in den *Sphagnum*-Blättern, welche keine Fasern enthalten, und man wird sich überzeugen, dass die Zellenmembran, welche diese Zellenwände bildet, durchaus nicht mit Oeffnungen versehen ist. Wenn nun diese Zellen, so lange sie keine Fasern enthalten, ohne alle Oeffnungen sind, so wäre es noch möglich, dass diese Oeffnungen erst später, nämlich nach der Erzeugung der Fasern entständen; aber auch dafür sind keine Gründe vorhanden. Herr Mohl scheint nur solche Bildungen in den *Sphagnum*-Blättern gesehen zu haben, wie sie in Fig. 20. dargestellt sind; bei andern Formen, und sie sind fast in jedem Blatte verschieden, hätte er sehr bald das Irrthümliche seiner, selbst von aller Analogie abweichenden, Ansicht eingesehen. Man denke sich die Blätter der *Sphagnum*-Arten, welche bekanntlich aus einer einfachen, flächenförmig aneinander gereihten Zellenschicht bestehen; und diese Zellen sollen durchlöchert sein, so dass sie dem Eindrange jeder Feuchtigkeit und der Luft offen stehen! Wo soll denn in diesem Falle das Organ der bildenden Thätigkeit seinen Sitz haben? Die Zellen-

membranen sollen ja durchlöchert sein; aber der einfachen Membran ist die Wirkung allein doch nicht zuzuschreiben! So kommen wir wieder zu unserem Gegenstande zurück und glauben gezeigt zu haben, dass sich die Zellen der *Sphagnum*-Blätter ganz ebenso, wie die der andern Pflanzen verhalten, nämlich dass sie durchaus ohne alle Oeffnungen sind; daher steht es schlimm mit jenen Hypothesen, welche auf das Vorhandensein jener angeblichen Löcher gebaut sind."

„Je älter die *Sphagnum*-Pflanze wird, je grösser wird die Anzahl der Streifen auf ihren innern Zellenwänden, und um so grösser auch die Zahl der kleinen Kreise, welche wir vorhin für Ringfasern erklärt haben. Man betrachte die Zeichnung in Fig. 20. genauer, und man wird sehen, dass sich daselbst fast zwischen jeden zwei Queerstreifen, dicht an den seitlichen Scheidewänden der Zellen, diese Ringfasern zeigen, mehr oder weniger gross, je nachdem der Raum dazwischen übrig ist; diese Zeichnung zeigt aber auch, dass diese Ringe nicht immer vorhanden sind, und dass sie, wie z. B. in der mittelsten Zelle, sogar zu zwei neben einander liegen. Ausserdem sind die Ringgefässe in dieser Zeichnung durch feine Streifen verbunden, welche im Allgemeinen nur queer über den Raum von dem einen Ringe zum andern laufen, zuweilen aber auch, wie bei c und bei d, über zwei und noch mehrere Ringe hinweglaufen. Gerade diese sonderbare Struktur hat Veranlassung zu der Annahme gegeben, dass alle die Fasern in den Zellen der *Sphagnum*-Blätter Spiralfasern wären, was aber nach dem vorhergehen nicht der Fall ist. Diese unregelmässige Faserbildung auf der innern Zellenwand ist allerdings höchst eigenthümlich, und hat grosse Aehnlichkeit mit derjenigen der Antheren-Zellen."

Fassen wir nun nach dieser Darstellung der verschiedenen, über den Bau der *Sphagnum*-Blätter geäusserten Ansichten, die hauptsächlichsten Punkte zusammen, so erhellt, dass darüber alle Phytotomen einig sind, dass diese Blätter aus einer einzigen Zellenschichte bestehen; diese Zellen sind nach den Beobachtungen Moldenhawer's von zweierlei Art, nämlich theils grosse, auf der innern Seite mit Fasern versehene, körnerlose Schläuche, welche an den Seiten mit Oeffnungen versehen sind, theils schmälere, zwischen jenen liegende, durch Chlorophyll grün gefärbte Zellen; nach der Ansicht von Meyen dagegen beruht die Annahme dieser zweiten Art von Zellen auf einer Täuschung, es sind nur die grösseren Zellen vorhanden, an deren Seitenwandungen das Chlorophyll liegt, und diese Zellen enthalten bald Fasern, bald sind sie frei davon, ihre Wandungen sind aber nie von Oeffnungen durchbohrt. Die Fasern sind nach demselben Schriftsteller der Zellwandung selbst fremdartige, nur an sie angewachsene Bildungen, und können in einzelnen Fällen abgelöst werden; nach meiner Angabe sind sie dagegen als Verdickungen der Zellenwandungen selbst zu betrachten; nach der Ansicht von Link rührt endlich dieses faserähnliche Aussehen davon her, dass diese Zellen keine einfachen Schläuche, sondern aus mehreren Zellen zusammengesetzt sind.

Was nun den ersten Punkt, die Zusammensetzung des Blattes aus einer oder aus zweierlei Arten von Zellen, betrifft, so bedarf es keiner besondern Geschicklichkeit in phytotomischen Untersuchungen, um sich von der gänzlichen Unrichtigkeit der Meyen'schen Angabe, dass das Blatt blos aus einerlei Zellen bestehe und dass der Schein von schmalen, zwischen den breiteren liegenden Zellen durch eine optische Täuschung hervorgerufen werde, zu überzeugen. Wenn man nämlich den Querschnitt eines Blattes von *Sphagnum*

cymbifolium betrachtet, so sieht man sehr deutlich, dass die grösseren, wasserhellen, auf ihren Wandungen mit Fasern besetzten Zellen mittelst abgeplatteter Seitenwandungen an einander liegen, dass dagegen diese Vereinigung nicht in der ganzen Breite dieser Seitenwandungen stattfindet, sondern dass diese an einer Stelle gegen das Innere der grossen Zellen ausgebogen sind, daher zwischen sich einen cylindrischen Raum freilassen, und dass in diesem Raume die von Moldenhawer beschriebenen, schmalen, Chlorophyll enthaltenden Zellen liegen. Die Abbildung, welche Moldenhawer von diesen Zellen giebt, ist in so ferne nicht ganz genau, als er dieselben so zeichnete, dass sie nur mittelst ihrer Seitenflächen mit den grossen Schläuchen, zwischen denen sie liegen, in Berührung stehen, mit ihrer oberen und unteren Fläche dagegen an der obern und unteren Blattseite frei liegen, während sie von diesen Zellen rings umgeben sind und weder an der obern noch untern Blattfläche an der Oberfläche des Blattes frei liegen; wenigstens verhielt es sich so bei allen Blättern von *Sphagnum cymbifolium,* von welchen ich Querschnitte untersuchte. In den übrigen, über den Bau dieser Blätter publicirten Abbildungen, welche grösstentheils von Meyen [1]) herrühren, sind diese Zellen theils gar nicht, theils noch weit fehlerhafter, als in der Moldenhawer'schen Abbildung dargestellt.

Bei den schmalblättrigen Formen von *Sphagnum,* z. B, bei *Sphagnum acutifolium, cuspidatum* ist das Verhältniss der schmalen, Chlorophyll enthaltenden, Zellen zu den grösseren, mit Fasern versehenen, etwas verschieden. Die ersteren sind nämlich verhältnissmässig weit grösser, besitzen bei manchen Blättern die halbe Breite von den letzteren und sind von ihnen nicht mehr auf ihrer oberen und unteren Seite bedeckt, sondern liegen mit diesen Seiten mehr oder weniger auf beiden Blattflächen frei. Sie behalten dagegen noch im Querschnitte eine rundliche Form, wesshalb die Faserzellen (da die Seitenflächen von diesen concav sind) immer noch von beiden Seiten her die grünen Zellen eine grössere oder kleinere Strecke weit bedecken und diese nicht ihrer ganzen Breite nach, wenn man das Blatt von der Fläche aus betrachtet, zu Gesichte kommen. Eine ähnliche, stärkere Entwicklung zeigen diese Zellen auch in den am Hauptstengel selbst stehenden Blättern breitblättriger Formen, bei *Sphagnum cymbifolium, squarrosum* und bei den grossen Blättern, welche an den fruchttragenden Aesten stehen. Da an diesen beiden Arten von Blättern die grösseren, wasserhellen Zellen keine Fasern und sehr häufig die schmalen Zellen kein Chlorophyll enthalten, so ist oft, wegen der bedeutenden Grösse der letzteren, die Unterscheidung beider Zellenarten etwas schwierig.

Der zweite Punkt, welcher von Moldenhawer entdeckt, von mir bestätigt wurde, und nun von Meyen heftig angegriffen wird, betrifft die Existenz von Oeffnungen in den mit Fasern versehenen Zellen der Blätter und der äusseren Zellenschichten des Stengels von *Sphagnum.* Die Gründe, welche Meyen gegen

1) Es scheint wenigstens, dass die von Meyen in seiner neuesten Schrift gegebenen Abbildungen Blattzellen von *Sphagnum cymbifolium* darstellen; Meyen nennt die Pflanze *Sphagnum palustre,* überlässt es also dem geneigten Leser, zu errathen, welche Pflanze eigentlich gemeint sei, indem Linné unter diesem Namen alle wahren *Sphagna,* die ihm bekannt waren, zusammenfasste, und dieser Name bei den neueren Bryologen nicht mehr vorkommt.

die Existenz dieser Oeffnungen anführt, sind theils theoretische, iheils empirische. Einmal nämlich, wird angeführt, enthalten nicht alle Zellen spiralförmige und ringförmige Fasern, und wo diese fehlen, ist auch keine Spur einer Oeffnung zu finden. Nun wäre es zwar möglich, dass diese Oeffnungen sich später, nachdem sich in den Zellen Fasern erzeugt hatten, bilden würden; aber auch dafür sind keine Gründe vorhanden. Im Gegentheile wäre bei diesen Blättern, die bekanntlich aus einer einfachen Zellenschichte bestehen, wenn diese Zellen durchlöchert wären, nicht einzusehen, wo das Organ der bildenden Thätigkeit seinen Sitz haben sollte, indem man doch der einfachen Zellenmembran diese Funktion nicht zuschreiben könne.

Wir wollen zuerst, ehe wir die Resultate unserer Untersuchungen auseinandersetzen, den Werth dieser von Meyen gegen das Vorhandensein von Oeffnungen angeführten Gründe prüfen, und wir überlassen alsdann, wenn wir dem Leser unsere Gegengründe vorgelegt und derselbe unsere Beobachtungen wiederholt hat, ruhig demselben das Urtheil darüber, ob Moldenhawer und wir, oder ob Meyen bei diesen Untersuchungen mit grösserer Genauigkeit und Umsicht zu Werke gegangen, und ob der letztere durch seine Untersuchungen der *Sphagnum*-Blätter berechtigt wurde, über die Darstellung von Moldenhawer ein ungünstiges Urtheil zu fällen, und in ihr den Beweis zu finden, dass dieser Meister im Beobachten „die allersonderbarsten und unrichtigsten Ansichten“ verbreitet habe.

Was den von Meyen so stark hervorgehobenen Punkt anbetrifft, dass die Blätter von *Sphagnum* bekanntlich aus einer einfachen, flächenförmig an einander gereihten Zellenschichte bestehen und dass daher diese Zellen nicht durchlöchert sein können, so beruht dieses „bekanntlich“ nur auf seinen eigenen Untersuchungen, die übrigen Phytotomen kennen in diesen Blättern noch ein zweites System; es fällt daher der ganze Gegenbeweis von Meyen in sich selbst zusammen und es steht schlimm mit den Hypothesen, welche auf den angeblichen Mangel dieses zweiten Zellsystemes gebaut sind.

Was den andern von Meyen gegen das Vorhandensein dieser Oeffnungen angeführten Grund anbetrifft, nämlich den Mangel der Oeffnungen in solchen Zellen, welche im Innern keine Fasern enthalten, so ist zwar zuzugeben, dass dieses Factum im Allgemeinen richtig ist, allein gegen die Beweiskraft desselben ist ein doppelter Einwurf zu machen; erstens beweist nämlich, wie dieses Meyen selbst fühlte, der Umstand, dass faserlose Zellen keine Oeffnungen besitzen, nichts gegen die Angabe, dass die Wandungen der Fasern enthaltenden Zellen durchlöchert seien, und blos von solchen wurde es bisher behauptet, zweitens ist Meyen's Angabe nicht einmal durchgängig richtig, denn man findet sehr häufig in der äussersten Zellenschichte junger, noch vegetirender Aeste und auch, wiewohl seltener, in den jüngsten Blättern von *Sphagnum cymbifolium* Zellen, welche keine Spur von spiralförmig gewundenen, oder auf der Achse der Zellen senkrecht gestellten ringförmigen Fasern besitzen, und welche dennoch sehr grosse, von einem Faserringe umgebene Oeffnungen zeigen.

Was den dritten Punkt, die Möglichkeit, dass diese Oeffnungen erst später, nämlich nach der Erzeugung der Fasern entstünden, anbetrifft, so begnügt sich Meyen, diesen mit den Worten abzufertigen: aber auch dafür sind keine Gründe vorhanden. Gründe dafür, warum gerade bei diesen Zellen und sonst be keiner Pflanze nach der Bildung der Fasern die Zellwandung Oeffnungen bekommt, wird auch Niemand von

ihn verlangen, wohl aber hätte man verlangen können, dass er genauer untersucht hätte, ob solche Oeffnungen vorhanden sind oder nicht, ehe er sich ein ungünstiges Urtheil über diejenigen Phytotomen, welche diese Oeffnungen gefunden hatten, erlaubte. Wenn MEYEN glaubt, ich hätte bald das Irrthümliche seiner, selbst von aller Analogie abweichenden Ansicht eingesehen, wenn mir die verschiedenen Formen der bei *Sphagnum* vorkommenden Zellen bekannt gewesen wären, so hat einentheils dieser Vorwurf der Unkenntniss etwas Ergötzliches, da er von einem Manne herrührt, welcher die Pflanze, an der er seine Beobachtungen machte, nicht einmal richtig botanisch benennt, und welcher einige Zeilen vorher angiebt, dass diese für Oeffnungen angesehenen Stellen nur in solchen Zellen, welche Fasern enthalten, vorkommen, welcher also eben damit beweist, dass gerade ihn der Vorwurf trifft, die Zellenformen von *Sphagnum* nicht vollständig zu kennen; was dagegen anderntheils den Mangel eines jeden analogen Vorganges anbetrifft, so hätte sich MEYEN aus meiner Palmenanatomie und aus meiner Abhandlung über die porösen Gefässe der Dicotylen darüber unterrichten können, dass allerdings ein völlig analoger Vorgang, nämlich Entstehung von Oeffnungen in früher gleichförmigen Membranen nach der Bildung von Fasern auf denselben, wenn auch nicht in gewöhnlichen Zellen, doch bei den Schläuchen, welche sich in Gefässe verwandeln, vorkommt.

Alle solche theoretische Spekulationen über die Möglichkeit dieses Processes und über analoge Vorgänge bei andern Pflanzen führen hingegen zu nichts, es handelt sich vor Allem um die Untersuchung, kommen in den Wandungen der Zellen von *Sphagnum* Oeffnungen vor oder nicht? Diese Frage beantworte ich unbedingt mit Ja; die Beweise liegen in Folgendem:

Wenn man ein Blatt von den Aesten (aber nicht vom Hauptstamme) von *Sphagnum cymbifolium* oder *Sphagnum squarrosum,* welches von Wasser durchdrungen ist, unter das Mikroskop bringt, so wird man diejenigen Zellen, welche Spiralfasern oder Ringfasern enthalten, mit einer grösseren oder kleineren Menge von kreisförmigen, aus einer Faser gebildeten Ringen besetzt finden, welche meistens längs den Seitenrändern der Zellen auf den Wandungen derselben liegen und deren Durchmesser bei grossen Blättern bis auf $^1/_{100}$ — $^1/_{70}$ par. Linie steigt. Da die Wandungen dieser Zellen im benetzten Zustande glasartig durchsichtig und völlig ungefärbt sind, so wird man bei der Vergleichung derselben mit den bezeichneten Kreisen keinen so grossen Unterschied in der Beleuchtung, Farbe, Durchsichtigkeit u. dgl. finden, dass man mit Sicherheit darüber entscheiden könnte, ob sich über diese Ringe eine Membran wegziehe oder nicht. Wenn dagegen das Blatt vollkommen trocken ist, so wird man bei einer klaren, wenigstens 200maligen Vergrösserung die Zellenmembran selbst an einer schwachen Trübung, an kleinen Runzeln, Erhabenheiten u. drgl. erkennen können, dagegen wird man in jenen Kreisen nichts dergleichen sehen, sie überhaupt etwas heller finden. Schon dieses weisst auf die Wahrscheinlichkeit hin, dass innerhalb jener Kreise die Zellmembran durchlöchert ist; vollkommene Ueberzeugung über diesen Punkt wird man sich dagegen erst durch folgende zwei Verfahrungsarten erwerben. Man macht Einrisse, Schnitte u. dgl. in das Blatt mit Hülfe von Nadeln, oder der Spitze scharfschneidender Messer; in diesem Falle wird man schon am benetzten, weit leichter aber am getrockneten Blatte ohne Mühe sehen, dass an allen denjenigen Stellen, an welchen ein solcher Einriss durch einen Ring geht, derselbe sich an dem Ringe endigt und auf der entgegengesetzten Seite des

Kreises fortsetzt, ohne eine über den Ring ausgespannte Membran zu durchsetzen, kurz, dass dieser Ring eine wahre Oeffnung umgiebt. Man könnte die Einwendung machen, dass durch dieses Verfahren die Membran, welche im Ringe ausgespannt sei, von demselben losgerissen, und auf diese Weise eine künstliche Oeffnung erzeugt werde; so leicht nun auch der Anblick eines solchen Präparates diese Vermuthung widerlegt, indem von einer losgerissenen Membran oder von Stücken derselben nichts zu sehen ist, so hielt ich es dennoch für zweckmässig, ein Mittel anzuwenden, welches die Oeffnungen deutlich sichtbar macht, ohne das Blatt mechanisch zu verletzen. Dieses besteht in der Färbung der Zellmembran durch Jod. Wie jede andere Zelle, so nimmt nämlich auch die von *Sphagnum* durch längere Einwirkung von Jod eine tief braungelbe Färbung an, hiebei bleiben aber jene Kreise vollkommen ungefärbt; es ist daher auch durch dieses Mittel der völlige Mangel einer Membran an dieser Stelle erwiesen.

Diese Oeffnungen finden sich, wie gesagt, regelmässig in den mit Fasern versehenen Astblättern von *Sphagnum cymbifolium* und *squarrosum*, etwas schwieriger sind sie wegen geringerer Grösse und zum Theil auch wegen der geringeren Menge, in der sie vorkommen, in den Blättern von *Sphagnum tenellum, contortum, compactum, subsecundum, acutifolium* zu sehen. Bei schmalen Blättern, bei welchen diese Zellen schmal und in die Länge gestreckt sind, wie bei *Sphagnum acutifolium* und besonders bei *Sphagnum cuspidatum* fehlen auch häufig diese Oeffnungen in einzelnen oder in allen Zellen des Blattes, wenn auch die Fasern in demselben ausgebildet sind.

An den Blättern des Hauptstengels fand ich noch bei keiner Art diese Oeffnungen, da jedoch in Beziehung auf das Vorhandensein der Fasern und Oeffnungen überhaupt viele Abweichungen vorkommen, so könnte es wohl der Fall sein, dass sie sich auch zuweilen an diesen Blättern finden.

An den grossen, schuppenförmigen Blättern, welche an den Aesten stehen, die eine Frucht tragen, finden sich solche poröse Zellen meist nur gegen die Spitze und an den Rändern (*Sphagnum cymbifolium* und *squarrosum*) oder sie fehlen auch ganz (*Sphagnum acutifolium*).

In den Zellen der Calyptra finden sich weder Fasern noch Oeffnungen.

In den Zellen, welche die äusserste Schichte des Stammes und der Aeste bilden, fanden sich bald Oeffnungen, bald nicht; häufig findet sich in jeder Zelle nur eine einzige Oeffnung, überhaupt sind ihrer weniger, als in den Zellen des Blattes, dagegen sind sie häufig weit grösser. In den Zellen, welche Spiralfasern enthalten, finden sie sich in der Regel, in den glattwandigen Zellen fehlen sie theils, theils sind sie aber auch, wie schon oben bemerkt, vorhanden.

Was die Frage betrifft, ob diese Oeffnungen schon ursprünglich, während der ersten Entwicklungsstufen dieser Zellen vorhanden sind, oder ob sie erst später in der vollkommen geschlossenen Zellwandung entstehen, so ist dieser Punkt durch Beobachtung jugendlicher Blätter sehr schwer auszumitteln, denn in der Regel findet man, wenn man die Spitze eines Astes unter dem Mikroskope entblättert, auch die innersten, kleinsten Blättchen, welche man noch abzulösen im Stande ist, bereits mit Oeffnungen versehen. Dennoch glaube ich eine solche spätere Entstehung dieser Oeffnungen annehmen zu müssen, indem ich einigemal bei solchen jungen Blättern über den Ring eine zarte Membran ausgespannt, und diese in einem Falle in der Mitte eingerissen fand.

Was nun endlich die weitere Eigenthümlichkeit, durch welche sich diese Zellen auszeichnen, nämlich die spiralförmigen oder ringförmigen Fasern betrifft, welche im Innern derselben liegen, so ist über diesen Gegenstand wenig zu bemerken, nachdem diese Erscheinung nicht mehr wie zur Zeit der Entdeckung dieser Fasern, eine beinahe ohne Beispiel dastehende Erscheinung ist, sondern mit einer grossen Menge ähnlicher Bildungen, welche sich bei den verschiedensten Pflanzen finden, in eine Classe zu setzen ist.

Diese Fasern bilden entweder regelmässige spiralförmige Windungen, besonders in den etwas in die Länge gestreckten, cylindrischen Zellen, welche die Oberfläche der Stämme und der Aeste bilden, in welchen oft viele Fasern in parallelen Windungen steil neben einander aufsteigen; oder sie bilden regelmässige Ringe, wie in einem Ringgefässe, und zwar hauptsächlich in den langgestreckten Blattzellen schmalblättriger Arten; oder sie bilden endlich auf eine ziemlich unregelmässige Weise bald spiralige Züge, bald Ringe, bald netzartige Verzweigungen, wie dieses besonders in den etwas unregelmässigen, breiteren Blattzellen der mit breiten Blättern versehenen Arten vorkommt. In allen Fällen, in welchen sich eine Oeffnung in der Zellwandung findet, ist diese von einem Faserringe umgeben, welcher theils von den übrigen Fasern vollkommen isolirt ist, theils mit ihnen in Verbindung steht. Die Fasern selbst sind sehr fein, farblos und brüchig wie die Zellwandung, und unterscheiden sich durch diese letztere Eigenschaft auf eine auffallende Weise von den zähen Fasern der Spiralgefässe und sonstigen Zellen mit faserigen Wandungen.

In der Form und dem Vorkommen dieser Fasern beobachten wir keine ganz bestimmte Regel. Meistens sind sie in den Zellen der Blätter, welche an den Aesten sitzen, vorhanden, sie fehlen dagegen nicht selten in einzelnen grösseren oder kleineren Zellenparthieen, besonders solcher Blätter, welche an den verdickten Aesten stehen, welche die sogenannten Antheren tragen; sie fehlen ferner in den Zellen derjenigen Blätter, welche an den capseltragenden Aesten stehen, entweder völlig oder doch in der Mitte und an der Basis der Blätter; sie fehlen, so weit meine (über diesen Punkt jedoch nicht sehr zahlreichen) Beobachtungen reichen, constant an den am Hauptstamme der Pflanze stehenden Blättern, und sie fehlen endlich häufig in der äussern grosszelligen Schichte der Stämme und der Aeste.

Die Fasern sind bald ausserordentlich zart, so dass sie nur bei beschränkter Beleuchtung des Objectes deutlich gesehen werden, bald sind sie ziemlich derb und fallen auf den ersten Blick ins Auge; es mag jedoch ihr Durchmesser wohl nie $^1/_{1000}$ par. Lin. erreichen.

Dass solche faserähnliche Bildungen nicht im Innern der Zellen frei liegen, sondern einen Bestandtheil der Zellwandung bilden und dem schichtenweisen Wachsthume derselben ihren Ursprung verdanken, habe ich an verschiedenen Orten durch Nachweisung von Uebergangsbildung der sogenannten faserigen Zellen in getüpfelte Zellen zur Genüge gezeigt, daher glaube ich diesen Punkt als einen völlig erledigten übergehen zu dürfen und mich blos auf Nachweisung des Umstandes, dass die Fasern der *Sphagnum*-Zellen eine analoge Bildung mit den Fasern der übrigen netzförmigen Zellen seien, beschränken zu müssen. Hiefür sprechen zwei Umstände; einmal sieht man nämlich in diesen Zellen sehr häufig, dass sich einzelne Fasern ganz allmählig verflachen und in die Zellwandung verlieren, auf ähnliche Weise, wie dieses bei den Fasern in den Endothecium-Zellen der Antheren häufig vorkommt, wodurch meiner Ansicht nach deutlich vor Augen gelegt

ist, dass dieselben als partielle Verdickungen der Zellwandung zu betrachten sind; zweitens stimmen diese Fasern in Hinsicht auf ihre Entwicklung mit den Fasern der übrigen Zellen überein, d. h. die Wandung der jugendlichen Zellen ist vollkommen glatt und gleichförmig, später sieht man auf derselben sehr leicht angedeutete Streifen, welche in den ältern Zellen allmählig dicker werden und sich zu faserähnlichen Erhabenheiten ausbilden. Nie sieht man dagegen im Innern einer solchen Zelle eine mit ihrer Wandung nicht durchaus verwachsene Faser, und nie lässt sich eine solche Faser bei *Sphagnum*, so weit mir meine vielfachen Untersuchungen dieser Zellen zeigten, von der Wandung ablösen, sondern es sind diese Fasern, wie ich schon oben bemerkte, sehr brüchig, und sie reissen mit der Zellwandung immer quer durch, höchstens setzen sie bei einer Trennung der Zellwandung dem Risse einen kleinen Widerstand entgegen, so dass dieser eine kleine Strecke längs der Faser hinläuft, ehe er diese selbst durchdringt; von einer Ablösung der Faser auch nur auf der kleinsten Strecke sah ich dagegen nie die geringste Spur. Diese Umstände sprechen um so mehr dagegen, dass diese Fasern der Zellwandung fremd und ihr nur angewachsen sind, als sich dieselben bei ihrer Entwicklung nicht an allen Stellen der Zellen gleichförmig ausbilden, sondern man im Gegentheile Zellen findet, bei welchen auf der einen ihrer Seiten, z. B. auf der gegen die obere Blattfläche gewendeten, die Fasern bereits vollkommen ausgebildet sind, während ihre auf die entgegengesetzte Seite der Zellen hinüberreichende Fortsetzung sich erst unter der Form von kaum sichtbaren Streifen darstellt. Wer überhaupt die stufenweise Entwicklung von Fasern auf den Wandungen von Zellen und Gefässen aufmerksam verfolgte, der wird bemerkt haben, dass eine solche ungleichförmige Ausbildung derselben an verschiedenen Stellen desselben Schlauches keine seltene Erscheinung ist, dass die schwächer ausgebildeten Stellen die in ihrer Entwicklung vorausgeeilten bald einholen, bald aber auch, wie dieses in den Antherenzellen häufig stattfindet, auf dieser schwachen Stufe der Ausbildung stehen bleiben. Dieses alles lässt sich sehr gut begreifen, wenn man diese Fasern für partielle Verdickungen der Zellwandung selbst betrachtet, es möchte aber mit der Ansicht, es seien dieselben selbstständige Bildungen, schwer verträglich sein.

Meyen, welcher diese Faserbildungen sämmtlich zum Inhalte der Zellen rechnet, giebt an, er hätte in den Zellen der äussern Schichten des Stengels von *Sphagnum* diese Fasern auf bedeutende Strecken von ihren Zellwandungen abgelöst und habe daher gehörigen Grund, diese spiralförmig gewundenen Streifen für wirkliche, der Zellwandung angewachsene Fasern zu halten, also dieselben nicht blos für zufällige Verdickungen der Membran anzusehen[1]). Wie es sich nun mit dieser Ablösung auf bedeutende Strecken verhalte, will ich ganz dahin gestellt sein lassen und bemerke nur, dass, wenn es auch der Fall gewesen und dabei keine Täuschung stattgefunden haben sollte, dennoch dieser Umstand weit entfernt, ein gehöriger Grund für die Selbständigkeit der Faser zu sein, im Gegentheile für die Entstehung und Bedeutung dieser Fasern gar nichts beweisen würde. Dass die secundären, auf die Zellwandung sich absetzenden membranosen und durch-

1) Wie aus der oben wörtlich abgedruckten Stelle erhellt, so spricht Meyen von einer Zergliederung dieser Fasern unter dem Mikroskop; ich will auf diese Angabe gar kein Gewicht legen, wohl aber mag sie als ein Beweis dafür dienen, wie wenig Meyen's Angaben wörtlich genau zu nehmen sind, denn dass eine Zergliederung dieser Fasern eine reine Unmöglichkeit ist, darüber wird jeder, welcher dieselben sah, mit mir übereinstimmen.

löcherten Schichten sich häufig ablösen lassen, dass der Bau aller durch Ablagerung von Verholzungsschichten verdickter Zellwandungen ein blättriger ist, wurde von mir längst gezeigt, desshalb sind aber die später abgelagerten Häute und Fasern noch keine selbstständige, der Zellwandung fremde und mit ihr „mehr oder weniger“ verwachsene Bildungen. Dass selbstständige Fasern, die nicht von Anfang an mit den Membranen verwachsen sind, in den Pflanzen vorkommen, hat Meyen überhaupt noch nachzuweisen, und dieses scheint ihm um so schwerer zu werden, je weiter sich seine Untersuchungen ausdehnen; früher waren diese Fasern im Zellensafte und die Faserringe fielen um, in seiner neuesten Schrift sind sie mehr oder weniger an den Zellwandungen befestigt und man muss sie mit dem Messer ablösen und so ist Hoffnung vorhanden, dass sie vielleicht in einer spätern Schrift einen Theil der Zellwandung selbst bilden.

Somit hoffe ich, meine Aufgabe gelöst zu haben, welche einentheils darin bestand, die für die Lehre des Baues der Pflanzenzellen höchst wichtige Organisation der Blätter von *Sphagnum* zu erläutern, anderntheils den Zweck hatte, das Andenken des bescheidenen und genauen Moldenhawer, der von den Arbeiten seiner Vorgänger immer mit Ruhe und Anstand sprach, und der zum Danke für seine mühevollen Untersuchungen von seinen Nachfolgern beinahe nur herben Tadel geerndet hatte, gegen harte und unbillige Angriffe zu vertheidigen.

Anhang.

Während des Druckes der vorliegenden Dissertation erhielt der Verfasser die zweite Auflage von Meyen's Phytotomie[1]. Wie dieses Werk überhaupt in Beziehung auf einen grossen Theil der in ihm ausgesprochenen Ansichten sehr zu seinem Vortheile einen Gegensatz gegen die nur wenige Monate vorher erschienene Haarlemer Preisschrift desselben Verfassers bildet, so finden wir auch in Beziehung auf den Gegenstand dieses Aufsatzes die Darstellung des Verfassers wenigstens in einem Punkte geändert. Es erkennt nämlich Meyen in dieser Schrift[2]) die Zusammensetzung der Blätter von *Sphagnum* aus zweierlei Zellen wieder an und liefert auch Abbildungen von diesen zweierlei Zellenarten, welche die früher von ihm publicirten weit übertreffen.

In Beziehung auf den Bau der grösseren, die Spiralfasern enthaltenden Zellen ist seine Ansicht im Ganzen dieselbe geblieben, ich habe daher nicht nöthig, auf diese neuere Darstellung einzugehen und beschränke mich auf die Betrachtung einiger weniger Punkte.

Ich habe oben (p. 305) angeführt, dass die Färbung der *Sphagnum*zellen durch Jod ein Mittel an die Hand gebe, um sich von der Existenz von Oeffnungen in ihren Wandungen zu überzeugen; merkwürdigerweise giebt nun Meyen an, man könne sich durch Anwendung dieses Mittels, oder durch Beleuchtung mit gefärbtem Lichte davon überzeugen, dass über diese Kreise eine Membran ausgespannt sei. In wie ferne die Anwendung von gefärbtem Lichte zur Entscheidung dieser Frage irgend etwas soll beitragen können, sehe ich nicht ein, indem durch dieses Licht ebensowohl die in Rede stehenden Kreise, als die Zellwandung selbst gefärbt werden müssen; was dagegen die Färbung der Zellwandung durch Jod anbetrifft, so habe ich,

1) Neues System der Pflanzenphysiologie von Meyen. P. I. Berlin 1837.

2) l. c. p. 56. u. flg.

veranlasst durch den Widerspruch in meiner und in Meyen's Angabe, die Sache aufs Neue untersucht und muss auf meiner frühern Angabe beharren.

Ein zweiter Punkt, gegen welchen ich mich durchaus erklären muss, betrifft die Angabe, dass mit dem höheren Alter der Pflanze die Spiralfasern der *Sphagnum*zellen sich in Ringfasern verwandeln, doch fügt der Verfasser hinzu, scheine es ihm, dass auch sehr häufig in den Zellen sogleich ringförmige Fasern auftreten. Dieser Vorgang, dass schraubenförmig gewundene Fasern in ringförmige Stücke zerfallen, dass die Enden dieser Stücke zusammenwachsen können, wurde bekanntlich schon längst von verschiedenen Seiten her von den Spiralgefässen behauptet, und wird auch wieder von Meyen in dieser neuen Schrift vertheidigt und zugleich auch auf die Faser der *Sphagnum*zelle übergetragen. Eine solche Ansicht war in frühern Zeiten, so lange man den Bau der Spiralgefässe unvollkommen kannte, so lange man sich die Fasern derselben als frei in einem cylindrischen Raume liegend dachte, so lange man die Entwicklungsgeschichte der Gefässe nicht untersucht hatte, zu verzeihen, wenn sie gleich immer als eine höchst gewagte und unwahrscheinliche Behauptung erscheinen musste; nachdem man aber weiss, dass die Fasern der Gefässe von ihrer ersten Entstehung an an dem Schlauch, in welchem sie liegen, angewachsen sind, nachdem schon von Moldenhawer gründlich nachgewiesen wurde, dass bei den Gräsern dieselbe Reihe von Gefässschläuchen an der einen Stelle des Internodium beständig die Form von Spiralgefässen, an einer andern die Form von Ringgefässen zeigt, und dass dieses in jeder Altersperiode der Pflanzen der Fall ist; da es ferner noch nie Jemand geglückt ist, eine in Stücke zerfallene Spiralfaser zu sehen, oder an den Ringen der Ringgefässe eine Spur einer frühern Trennung zu bemerken, so sollte doch von einer solchen Hypothese keine Rede mehr sein. Welche Kraft sollte auch das Zerfallen der Spiralfaser in lauter gleich grosse Stücke bewirken, wie sollte ferner eine Verwachsung ihrer Enden auch nur mechanisch möglich sein? Schon bei einem Spiralgefässe, welches nur eine einzige schraubenförmig gewundene Faser enthält, wäre dieser Process ein höchst wunderbarer. Es müssten sich die Faserstücke aus ihrer Verbindung mit der umgebenden Membran loslösen, ihre frühere schiefe Richtung verlassen und eine horizontale Lage annehmen, um eine Verwachsung ihrer Enden auch nur mechanisch möglich machen zu können. Zugleich müsste sich die umgebende membranose Röhre gerade in demselben Verhältnisse erweitern, in welchem die früher schief stehenden Faserstücke in ihrer nunmehrigen horizontalen Lage eines grösseren Raumes bedürfen, welche Erweiterung wieder eine organische Umänderung der ganzen Umgebung des Gefässes nach sich ziehen müsste; lauter Veränderungen, von denen doch nicht angenommen werden kann, dass sie schnell vor sich gehen könnten. Und bei allen diesen Metamorphosen, wenn sie in der Wirklichkeit und nicht blos in unsern Büchern stattfinden würden, sollte es noch Niemand gelungen sein, die Natur auch nur Einmal zu belauschen? Sprechen schon alle diese Umstände gegen die Umwandlung des einfachen Schraubenganges in ein Ringgefäss, so wird eine solche Metamorphose bei denjenigen Schraubengängen, welche mehrere parallel gewundene Spiralfasern besitzen, zur reinen Unmöglichkeit, denn welche wunderbaren Wanderungen müssten hier die, wie mit einer Scheere zerschnittenen, Faserstücke machen, damit ihre beiden Enden auf einander treffen und verwachsen könnten. Kurz, man mag die Sache betrachten, wie man will, so ist die in Rede

stehende Ansicht, um es gelinde auszudrücken, eine durch keine Thatsache unterstützte, durchaus willkührliche Hypothese.

Zusatz.

(aus der Flora. 1838. I).

Seitdem die obige Dissertation im Drucke erschienen ist, gelang es mir, eine den porösen Zellen von *Sphagnum* analoge Bildung noch bei zwei andern Laubmoosen aufzufinden. Die eigenthümliche graugrüne Farbe, das schnelle Vertrocknen, die rauschende Beschaffenheit der Blätter von *Dicranum glaucum* liess mich nämlich vermuthen, es werde wohl denselben eine ähnliche Structur zukommen, wie den Blättern von *Sphagnum*; ebenso schien mir dasselbe von den Blättern von *Octoblepharum albidum* wahrscheinlich, da dieselben, so viel sich an den getrockneten Exemplaren bemerken lässt, eine sehr ähnliche Beschaffenheit mit denen von *Dicranum glaucum* besitzen.

Ich hatte zwar schon früher zu wiederholtenmalen diese Moose untersucht, ohne einen solchen ausgezeichneten Bau zu finden, eine neuere, sorgsamere Zergliederung ihrer Blätter zeigte hingegen, dass meine Vermuthung allerdings gegründet war.

Schneidet man in querer Richtung so dünne Schichten aus den Blättern von *Dicranum glaucum* aus, dass dieselben nur eine einzige Lage von Zellen enthalten (Tab. VI. fig. 18.), so erkennt man, dass das Blatt nicht, wie es sonst bei der Mehrzahl der Moosblätter der Fall ist, aus einer einzigen Zellenschichte besteht, sondern dass mehrere Lagen von Zellen übereinanderliegen. In der Regel sind es derselben drei bis vier, gegen die Spitze des Blattes zu nur zwei, und nur der äusserste Rand wird von einer einzigen Zellenlage gebildet. Diese Zellen besitzen ungefärbte dünne Wandungen, schliessen so enge aneinander, dass keine Spur von Intercellulargängen zwischen ihnen bleibt, sie enthalten in ihrer Höhlung weder Chlorophyllkörner, noch sonstige feste Gebilde. Schon insoferne haben sie also eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit mit den grösseren Zellen der *Sphagnum*blätter; diese Aehnlichkeit erscheint jedoch noch weit grösser, wenn wir den Bau ihrer Wandungen und ihr Verhältniss zu den mit Chlorphyll gefüllten Zellen ins Auge fassen.

Betrachten wir nämlich auf einem solchen Querschnitte die horizontalen Scheidewände dieser Zellen (fig. 18. *b. c.*), so werden wir auf jeder derselben einen, zuweilen auch zwei oder drei unregelmässige Kreise finden, welche ganz auf dieselbe Weise, wie bei *Sphagnum* aus einer ringförmigen Verdickung der Zellwandung gebildet sind. Innerhalb dieser Kreise ist nun in den erwachsenen Blättern beinahe ohne Ausnahme die Wandung der zwei aneinander liegenden Zellen durchbrochen. Ueber das wirkliche Vorhandensein dieser Oeffnungen kann ebensowenig als bei *Sphagnum* irgend ein Zweifel obwalten, denn wenn ein Schnitt oder ein Riss durch einen solchen Kreis geht, so sieht man auf das Ueberzeugendste, dass derselbe eine Oeffnung umgiebt. Ebenso liefert dafür, wie bei *Sphagnum*, die Färbung der Zellwandung durch Jod einen sehr sichern Beweis. Um sich hievon volle Ueberzeugung zu verschaffen, bedarf es nicht einmal der Anwendung bedeutender Vergrösserungen, wie aus der beigegebenen Zeichnung erhellt, welche nach einer 240maligen Vergrösserung entworfen ist.

In einzelnen Zellen findet man auf den Scheidewänden jene Kreise zarter und schwächer angedeutet

g. 1. *c.*) und innerhalb derselben keine Oeffnung, sondern die Zellmembran ununterbrochen über dieselbe fortgesetzt, ganz auf dieselbe Weise, wie man dieses auch in seltenen Fällen bei ***Sphagnum*** findet.

Diejenigen Wandungen der Zellen, welche die Oberfläche der Blätter bilden, zeigen die beschriebenen Kreise und Oeffnungen nicht, sondern sind nach Art der übrigen dünnwandigen Zellen ununterbrochen und glatt. Dagegen zeigen diejenigen Seitenwandungen der Zellen, welche eine auf die Blattflächen senkrechte Lage besitzen, ohne Ausnahme ähnliche Tüpfel und zwar in grösserer Anzahl als die horizontal liegenden Scheidewände. Die Tüpfel haben hier beinahe ohne Ausnahme eine ovale Form mit querliegendem grösserem Durchmesser wie fig. 15. zeigt, welche einen senkrecht auf beide Blattflächen geführten Längenschnitt darstellt. Auch auf diesen Seitenwandungen findet sich in der Regel innerhalb des den Tüpfel umgebenden Kreises eine Oeffnung.

Auf den parallel mit den Blattflächen verlaufenden Seitenwandungen der Zellen (fig. 14.) kommen ebenfalls ähnliche Oeffnungen (*b.*) vor, jedoch findet man häufiger diese Kreise von einer Membran verschlossen (*c.*), als dieses auf den auf die Blattfläche senkrecht gestellten Wandungen der Fall ist.

Zwischen der obern und untern Schichte dieser körnerlosen, porösen Zellen, oder wenn mehr als zwei Schichten vorhanden sind, etwas näher der oberen, als der unteren Blattfläche (fig. 18.), liegt zwischen den Längenkanten dieser Zellen eine Reihe enger, mit Chlorophyll gefüllter, gelbgrüner Zellen. Im Querdurchschnitte (fig. 18. *a.*) sind diese Zellen beinahe ohne Ausnahme viereckig, weil in der Regel vier Seitenkanten von körnerlosen Zellen an diesen Stellen zusammentreffen. Entfernt man durch einen parallel mit der Blattfläche geführten Schnitt die körnerlosen Zellen der untern Blattseite, so sieht man (fig. 14.), dass diese engen, mit Chlorophyll gefüllten Zellen (*a.*) in die Länge gezogene, mittelst horizontaler Scheidewände übereinander liegende Schläuche bilden, welche der Länge der Blätter nach in ziemlich regelmässigen Linien liegen, und von Strecke zu Strecke durch kurze Querfortsätze mit den benachbarten Zellenreihen anastomosiren, so dass auf diese Weise ein unregelmässiges Netz mit länglichen Maschen gebildet wird.

Die Blätter von ***Octoblepharum albidum*** gleichen in Hinsicht auf ihren innern Bau denen von ***Dicranum glaucum*** auf das Ueberraschendste, mit der einzigen Ausnahme, dass sie verhältnissmässig weit dicker und schwammiger sind und keinen verdünnten Rand besitzen, sondern im Querschnitte beinahe eiförmig sind. Sie bestehen ebenfalls mit Ausnahme der mittleren Schichte aus farblosen, durchaus körnerlosen Zellen, welche auf jeder Seite des Blattes in vier bis fünf Schichten liegen und von den entsprechenden Zellen von ***Dicranum glaucum*** einzig und allein durch geringere Grösse abweichen, in Hinsicht auf Tüpfel und Oeffnungen hingegen vollkommen mit ihnen übereinstimmen, wesshalb ich mich einer nähern Beschreibung derselben überheben kann.

In der mittleren Schichte dieses Blattes liegen zwischen den körnerlosen Zellen auf ähnliche Weise wie bei ***Dicranum glaucum*** mit Chlorophyll gefüllte Zellen, deren nähere Gestalt ich jedoch nicht mit der Bestimmtheit wie bei ***Dicranum glaucum*** anzugeben vermag, da diese grünen Zellen (wie auch bei ***Sphagnum*** und ***Dicranum glaucum***), die Eigenschaft haben im Wasser schwer aufzuweichen, wesshalb frische Exemplare untersucht werden müssen, wenn man sich keiner Täuschung über die Form und Beschaffenheit dieser Zellen aussetzen will.

Das Gesagte wird hinreichen, um die Analogie deutlich zu machen, welche im Bau der Blätter von *Sphagnum* und derer von *Dicranum glaucum* und *Octoblepharum albidum* stattfindet, denn wir finden hier wie bei *Sphagnum*, das Blatt aus zweierlei Zellen zusammengesetzt, aus grossen, farblosen, körnerleeren und aus engen, Chlorophyll enthaltenden, welche zwischen jenen grösseren netzartig vertheilt sind und im Innern des Blattes liegen. Wie wir ferner bei den grossen Blattzellen von *Sphagnum* innerhalb der kreisförmigen Ringe wahre Oeffnungen in der Zellenwand finden, so findet dieses auch hier statt; nur tritt der Unterschied ein, dass *Dicranum glaucum* und *Octoblepharum albidum* nur in solchen Zellwandungen, welche an andere Zellen angrenzen, Oeffnungen haben, während bei *Sphagnum* dieselben auch an den die Oberfläche des Blattes und Stengels bildenden Wandungen vorkommen. Ein fernerer Unterschied dieser Zellen von den grossen Zellen der *Sphagnum*blätter besteht in dem Mangel der Spiralfasern und Ringfasern, welche hier auf der innern Wandung der Zellen vorkommen; dieser Unterschied ist jedoch der am wenigsten wesentliche, indem diese Fasern auch in vielen Zellen von *Sphagnum* fehlen.

In Beziehung auf die relative Lage der Chlorophyll enthaltenden, engeren Zellen und der farblosen grösseren Zellen im Blatte von *Sphagnum* habe ich schon in obiger Dissertation angegeben, dass hierin manche Abweichungen vorkommen, indem bei den breitblätterigen Arten in der Regel die engeren Zellen so zwischen den grösseren liegen, dass sie die Oberfläche des Blattes nicht erreichen, während sie bei den schmalblätterigen Formen, sowohl an der obern als an der untern Blattfläche frei liegen. Das Gesagte wird durch die beigefügten Abbildungen eines Querschnittes durch das Blatt von *Sphagnum cymbifolium* (fig. 16.) und *Sphagnum acutifolium* (fig. 17.) deutlich werden, in welchen *a.* die Chlorophyll enthaltenden und *b.* die porösen Zellen bezeichnet; hiebei ist jedoch zu bemerken, dass die Abbildungen nach Querschnitten trockener und in Wasser eingeweichter Blätter gemacht sind, wesshalb der Querschnitt der engeren Blattzellen vielleicht eine andere Form darstellt, als in frischen Blättern, welche mir, als ich dieses niederschrieb, nicht zu Gebote standen, da *Sphagnum*arten nur in grösserer Entfernung von Tübingen wachsen.

Verweilen wir nun einen Augenblick bei den Folgerungen, welche für die allgemeine Phytotomie aus dem Bau der beschriebenen Zellen gezogen werden können, so scheinen mir diese in mehrfacher Hinsicht nicht unwichtig zu sein.

Es wird durch diese Beispiele unumstösslich bewiesen, dass es Pflanzenzellen giebt, deren Wandungen von wahren Oeffnungen durchlöchert sind. Diese Oeffnungen sind nun, wie ich glaube, nicht von Anfang an vorhanden, sondern entstehen erst im Laufe der Entwicklung dieser Zellen. Von *Sphagnum* habe ich es schon in der obigen Dissertation angeführt, dass ich bei sehr jungen Blättern in einzelnen Fällen die Oeffnung durch eine Membran verschlossen gefunden habe. Weit leichter und weit häufiger findet man dieses bei *Dicranum glaucum* (fig. 14. 15. 18.), indem hier nicht selten auf einzelnen Zellwandungen theils neben einer wahren Oeffnung, theils auch ohne eine solche, ein oder mehrere Tüpfel vorkommen, über welche sich die Membran ununterbrochen fortzieht.

Sehen wir uns nach analogen Bildungen um, so werden wir, wie schon oben angedeutet wurde, auf eine Vergleichung dieser durchbrochenen Zellwandungen mit den Scheidewänden zwischen den Gefässschläu-

chen hingewiesen. Ich habe an verschiedenen Orten gezeigt, dass es sowohl bei Monocotylen als Dicotylen nicht selten vorkomme, dass bei den Treppengängen und bei den punktirten Gefässen die Scheidewände der einzelnen Gefässschläuche, welche bei ihrer ersten Entwicklung vollkommen geschlossen und gleichförmig sind, in der spätern Zeit, nachdem sich auf ihnen secundäre Membranen in der Form von durchlöcherten Häuten, Fasernetzen u. s. w. abgelagert haben, so weit sie nicht von diesen secundären Schichten bedeckt sind, resorbirt werden, wodurch eine offene Communication zwischen den übereinander stehenden Gefässschläuchen hergestellt wird. Wir sehen also hier theilweise Zerstörung der primären Schlauchwandung im Zusammenhange mit der Ablagerung einer mehr oder weniger stark durchlöcherten secundären Membran innerhalb der Oeffnungen der letztern. Ganz denselben Vorgang sehen wir nun bei den Zellen der angeführten Laubmoose.

Der Umstand, dass dieser Vorgang in parenchymatosen Zellen eintritt, ist insoferne für die allgemeine Pflanzenanatomie von grosser Bedeutung, als er das letzte Unterscheidungsmerkmal, welches man in anatomischer Hinsicht zwischen dem Bau der Zelle und des einzelnen Gefässchlauches aufstellen konnte, unbrauchbar macht. Dass der Bau der Wandungen der Gefässschläuche nicht mehr als charakteristisches Merkmal der Spiralgefässe und ihrer Modificationen dienen kann, war mir schon längst deutlich, nachdem sich von Tag zu Tag die Entdeckung von getüpfelten und mit Ring- oder mit Spiralfasern versehenen Zellen häufte; allein ich glaubte immer noch in dem gänzlichen oder partiellen Verschwinden der Scheidewände der Gefässschläuche, wodurch ganze Reihen derselben zu Röhren verbunden werden, einen anatomischen Unterschied zwischen ihnen und den Zellen aufgefunden zu haben. Nun aber, nachdem sich ähnliche Durchlöcherungen auch bei Zellen finden, bin ich ausser Stande, einen durchgreifenden anatomischen Unterschied zwischen Zellen und den Schläuchen, aus welchen die Spiralgefässe und ihre Modificationen bestehen, anzugeben, womit jedoch keineswegs gesagt sein soll, dass es passend ist, nach dem Vorgange von Meyen, die Gefässe der Pflanzen mit den Zellen zu vereinigen, denn wir dürfen, wenn wir die Elementarorgane der Pflanzen auf eine naturgemässe Weise in Systeme theilen wollen, ihre physiologischen Verhältnisse nicht aus den Augen verlieren.

Zum Schlusse füge ich noch bei, dass die porösen Zellen der genannten Laubmoose nicht die einzigen mir bisher aufgestossenen, wirklich porösen Zellen sind, sondern dass ich auch bei einigen Phanerogamen poröse Zellen aufgefunden habe, worüber ich das Nähere an einem andern Orte mittheilen werde.

XXIV.

Ueber den Bau der vegetabilischen Zellmembran.

(Dissertation vom Jahr 1837.)

Vor wenigen Jahren schien es noch eine durch die sichersten Beobachtungen bewiesene Thatsache zu sein, dass die Membran der vegetabilischen Zellen aus einer durchaus homogenen Substanz bestehe, gleichsam aus einem geronnenen Schleime, an welcher man eben so wenig, als an einer Glasscheibe irgend eine Structur nachweisen könne [1]); es hatten sich zwar von Grew bis auf Hartig manche Phytotomen für eine Zusammensetzung der Zellmembran aus Gefässen, Fasern, Bläschen, Körnern u. dgl. ausgesprochen, ihre Angaben konnten jedoch durch die Beobachtung nicht bestätigt werden, und erlangten nie irgend einen allgemeineren Beifall.

So sicher nun auch diese Homogeneität der Zellmembran bewiesen zu sein schien, so wiesen dennoch die Beobachtungen der letzten Jahre darauf hin, dass allerdings in dieser Membran eine bestimmte Structur mittelst der Anwendung guter Mikroskope nachzuweisen sei. Ueber die Deutung des Gesehenen stimmten jedoch die Beobachter nicht ganz überein, so dass bis jetzt blos die Thatsache, dass die Zellmembran nicht vollkommen homogen ist, feststeht, ihre wahre Structur aber immer noch ein durch weitere Beobachtungen zu lösendes Räthsel ist.

Auf die Erscheinungen, welche auf eine bestimmte Struktur der Zellmembran hinweisen, machte ich vor einiger Zeit zuerst aufmerksam [2]). Brisseau-Mirbel hatte nämlich zum Beweise, dass die einzelnen Molecüle der Zellmembran sich isoliren und zu eigenen Zellen ausbilden können, angeführt, man finde bei einigen Pflanzen die Zellmembran mit Wärzchen besetzt, welche der Zellmembran das Aussehen einer Haifischhaut geben, z. B. bei den Lebenssaftgefässen (eigentlich Baströhren) von *Nerium Oleander* und den Holzzellen von *Ginkgo biloba.*

1) Vrgl. Treviranus, Physiologie der Gewächse. I. p. 33. — Meyen, über die neuesten Fortschritte der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Haarlem. 1836. p. 10.

2) Hugo Mohl, Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanz. 1836. p. 23.

Diese Angaben fand ich nicht bestätigt, sondern wies nach, dass die von Mirbel angeführten Zellen, wie es bei dickwandigen Zellen gewöhnlich ist, aus übereinanderliegenden Lamellen bestehen, und dass diese einzelnen Lamellen (Zellenhäute) eine eigenthümliche, fein netzförmige Structur besitzen. Weit deutlicher, als bei *Nerium*, fand ich diese Structur bei den Bastzellen von *Vinca minor* ausgebildet, indem mit Ausnahme der äussersten Lamelle, welche dieselbe Structur wie bei *Nerium* hatte, die tiefer gelegenen Lamellen spiralförmig gewundene, steil aufsteigende Fasern zeigten, welche in den verschiedenen Lamellen sich kreuzten und so die Oberfläche der Zelle in rhombenförmige Felder zu theilen schienen.

Die Frage, ob diese Bildung darauf hinweise, dass die Pflanzenmembran aus Fasern zusammengesetzt sei, verneinte ich und gab an, es scheine dieselbe vielmehr auf geringe Unterschiede in der Dicke und Dichtigkeit der Membran, auf eine abweichende Anlagerung der Molecüle an verschiedenen Stellen hinzuweisen.

Eine ähnliche netzförige Bildung der Zellmembran wurde noch ferner in den Bastzellen mancher andern Asclepiadeen und Apocyneen, in den sogenannten porösen Zellen von *Ginkgo biloba* und *Abies excelsa*, in den Baströhren von *Cocos botryophora*, in den Markzellen von *Sambucus nigra* aufgefunden und hinzugefügt, man möge dieses netzartige Aussehen der einzelnen Schichten einer Pflanzenzelle nicht mit der Bildung der Tüpfel verwechseln, insoferne mit dem ersteren vollkommene Continuität der Zellmembran verbunden sei, während die Bildung der Tüpfel auf Unterbrechung der inneren Schichten der Zellmembranen beruhe und neben jener netzförmigen Structur vorkommen könne.

Die zwischen Mirbel und mir geführte Controverse über den Bau der vegetabilischen Membran gab Valentin[1]) Veranlassung, seine Ansichten über den in Rede stehenden Punkt zu veröffentlichen. Er gieng hiebei von dem Baue der Baströhren von *Nerium odorum* aus, an welchen er einen ähnlichen Bau entdeckt hatte, wie ich an denen von *Vinca minor*, d. h. parallele, dunkle Streifen auf der äusseren Fläche, und einen faserigen, spiraligen Bau der auf der innern Fläche abgelagerten, secundären Schichten. Seine Beschreibung weicht jedoch insoferne von der Beschreibung ab, welche ich von *Vinca* gab, als ich die Richtung der spiraligen Streifen in den verschiedenen Schichten verschieden fand, wesshalb jede Seite der Bastzellen in rhombenförmige Felder getheilt war, während Valentin angiebt, dass sowohl bei *Nerium* als bei *Vinca* die spiralförmigen Windungen nur nach einer Richtung verlaufen und desshalb die Eintheilung in rhombenförmige Felder von dem Durchscheinen der spiralförmigen Windungen der hintern Zellwand durch die vordere Wand herrühre.

Aehnliche spiralförmige Windungen fand Valentin auf den Bastzellen von *Ginkgo biloba*, *Dracaena ferrea*, *Cecropia peltata*, *Agave americana* etc. Ueberhaupt kann man nach seiner Angabe fast in jeder continuirlichen Verholzungsformation mehr oder weniger deutliche Spuren dieser spiralförmigen Linien wahrnehmen.

1) Ueber den Bau der vegetabilischen Membran, insbesondere der secundären Verholzungsschichten (Valentin's Repertorium für Anatomie und Physiologie. I. 88.).

Sehr schwierig sind dagegen nach VALENTIN's Angabe diese Verhältnisse in den partiell verholzten Theilen d. h. den Treppengängen und den porösen Zellen und Gefässen wahrzunehmen; doch ist dieses in den Holzgefässen der Sarsaparillwurzel möglich, ferner in den porösen Zellen von *Agave americana*, in den punktirten Röhren von *Aristolochia Sipho*, in den porösen Markzellen von *Sambucus nigra, Fagus sylvatica* etc. Dieses Verhältniss, dass auf continuirlich verholzten Gebilden die Streifen leicht, auf getüpfelten Gebilden dagegen schwer zu beobachten sind, ist nach VALENTIN besonders deutlich bei den Gefässen der Cycadeen und Coniferen. Diese Gefässe sind ursprünglich Spiralgefässe, welche durch fortschreitende Verholzung bald in poröse Gefässe übergehen. In diesem mittlern Stadium bilden die Lücken der Verholzungsmembranen schief stehende Spalten; zugleich sind mehr oder weniger deutlich die ursprünglichen Spiralfasern zu sehen. Die zwischen ihnen liegenden Streifen der secundären Verholzungsmembran sind so deutlich mit spiraligen Linien besetzt, dass diese zuerst ins Auge fallen. Noch deutlicher sind die spiralförmigen Linien an den nicht mit Tüpfeln versehenen Seiten der Gefässe. Aehnliche Bildungen findet man an den jungen Holzgefässen anderer Gewächse, z. B. von *Gleditschia triacanthos, Jasminum fruticans.*

Die transversalen Streifen an der Oberfläche der Baströhren von *Nerium* entsprechen den queren Streifen, welche man in allen continuirlich stark verholzten Pflanzentheilen, z. B. auf der Oberhaut von *Agave, Aloë, Cacalia* trifft.

Bei Betrachtung dieser sämmtlichen Bildungen, fährt VALENTIN fort, finde man, dass sie sämmtlich Verholzungsbildungen seien; nie könne man diese Linien auf der einfachen Zellmembran sehen, und es zeige auch die Entwicklungsgeschichte dieser Bildungen, dass die spiraligen Streifen Folge des Verholzungsprocesses seien. In der frühesten Jugend zeigen sich nämlich die Baströhren von *Nerium* als gleichförmige dünnhäutige Zellen. Später zeigen sich auf der innern Seite abgelagerte Verholzungsschichten und auf der innern Fläche eine körnige Substanz, deren Körnchen anfangs keine bestimmte Anordnung erkennen lassen, später dagegen bald quere Linien, bald spiralige Anordnung zeigen, bald spiralig verlaufende fadenförmige Gebilde darstellen. Zugleich erscheinen auf der äussern Seite die transversalen Streifen. Auf dieselbe Weise verfolgte VALENTIN die Entwicklung der Baströhren von *Vinca, Gleditschia* etc. Die querlaufenden Streifen und Körnchen, welche den spiraligen Zügen vorausgehen, hält VALENTIN für dieselben Linien, welche sich später unter Spiralform zeigen, und welche wegen geringer Länge der Zellen nur eine geringe Elevation besitzen und später bei eintretendem Längenwachsthume steiler aufsteigen.

Eine besondere Aufmerksamkeit widmete MEYEN[1]) diesen Bildungen; seine Untersuchungen führten ihn zu Ansichten, welche von denen seiner Vorgänger durchaus abweichen. Er geht nicht von der Betrachtung verholzter Zellen aus, sondern solcher Zellen, von deren Wandungen er annimmt, dass sie noch aus der ursprünglichen Membran bestehen. Besondern Werth legt er auf die Zellen einer von ihm auf der Insel Luçon entdeckten *Stelis*, bei welcher alle Parenchymzellen feine, spiralförmig gewundene Streifen zeigen, welche durch 10 bis 12 nebeneinanderliegende viereckige Fasern gebildet werden, welche in Form eines

1) MEYEN, Neues System der Pflanzenphysiologie. I. p. 45

breiten Bandes den cylindrischen Raum der Zellenhöhle umwinden und nach seiner Beschreibung durch keinerlei Membran verbunden oder umgeben sind. An den Enden der Zellen sind die Fasern zu einer structurlosen Membran unter einander verwachsen.

Die Zellen, welche die weisse Hülle der Luftwurzeln dieser Pflanze bilden, zeigen ebenfalls die spiraligen Streifen, doch sind diese so fest verwachsen, dass sie sich nicht mehr auseinander ziehen lassen. Da es nun nicht mehr zu bezweifeln sei, dass diese Streifen nichts anders als die Fasern der übrigen Zellen bedeuten, so sei es auch ganz natürlich anzunehmen, dass bei allen übrigen Zellen, auf deren Wandungen ähnliche spiralige Streifen vorkommen, auf gleiche Weise die Wandungen aus verwachsenen Fasern gebildet seien. Dahin gehören die Zellen, welche die pergamentartige Rinde der Luftwurzeln von *Pothos*, *Epidendrum*, *Vanilla* und vielen parasitischen Orchideen bilden. Bei diesen Zellen hält sich Meyen für überzeugt, dass die spiraligen Linien durch die Vereinigungslinien der nebeneinander liegenden Windungen der Fasern, woraus die Zellenwände bestehen, gebildet sind.

Wie sich bei *Stelis* die Fasern, aus denen die Zellwandung besteht, in Form eines Bandes abrollen lassen, so kommen auch Fälle vor, in welchen man die Zellenmembran in Form eines Bandes abrollen kann, dessen Zusammensetzung aus Fasern jedoch nicht sichtbar ist. Dahin gehören die Haare auf den Luftwurzeln von *Renanthera coccinea* und anderen parasitischen Orchideen, die Haare der Melocacten und Mammilarien.

Endlich nimmt Meyen an, dass auch die Häute der bekannten Faserzellen der Samen von *Collomia* und *Casuarina* aus verwachsenen Spiralfasern bestehen. Diese Fälle lassen, nach der Ansicht Meyen's eine Zusammensetzung der Zellmembran aus Spiralfasern wohl kaum bezweifeln; ebenfalls, jedoch weniger schlagend, können die Beobachtungen für dieselbe Ansicht angeführt werden, welche früher von ihm unter der Rubrik: Faserbildung im Innern der Zellen aufgeführt wurden, d. h. solche Zellen, bei welchen auf der innern Fläche der Zellmembran Fasern verlaufen. In diesen Fällen ist es häufig deutlich, dass diese Fasern secundärer Entstehung sind und auf der innern Seite einer gleichförmigen Zellmembran eine aufgelagerte Schichte bilden, in andern Fällen ist es weniger gewiss, ob sie nicht Theil an der Bildung der Zellmembran selbst nehmen.

Solche Spiralfaserzellen (fibrose Zellen) zeigen die Lebermoose in den Elateren, die Blätter von *Sphagnum*, die Sporangien von *Equisetum*, endlich viele höhere Pflanzen, besonders die tropischen Orchideen, das Endothecium der Antheren, die grünen Rindenzellen des Hollunders und des *Helleborus foetidus*. Endlich, glaubt Meyen, deuten auch noch die spiralen Streifen auf den Zellwandungen der gegliederten Härchen von *Tradescantia*, so wie die kleinen Körner und Streifen auf der innern Seite der Brennhaare von *Urtica* und *Jatropha* auf eine Zusammensetzung der Zellwandungen aus Spiralfasern hin.

Dieselbe Zusammensetzung der Zellwandung aus feinen, spiralförmig sich windenden Fasern, welche der parenchymatosen Zelle zukomme, findet Meyen auch bei der jugendlichen prosenchymatosen Zelle (poröse Zelle der meisten Autoren) der Coniferen, indem sich diese Fasern ganz wie bei Spiralgefässen ausein-

ander ziehen lassen. Die spiraligen Streifen, welche man auf den Wänden der alten Prosenchymzellen findet, sind die Ueberbleibsel dieser verwachsenen Spiralfasern. In den äussern Schichten dieser Zellen sind die Fasern durchaus zu einer gleichförmigen Haut verwachsen, in den innern, jüngern Schichten dagegen verlaufen sie zum Theil sehr weitläufig [1]).

Endlich betrachtet MEYEN die spiralförmigen Streifen der Faserzellen (Baströhren) von *Vinca, Nerium* u. s. w.[2]) Die von VALENTIN erzählte Bildungsgeschichte derselben konnte er nicht durch eigene Beobachtungen bestätigen. Er ist der Ansicht, dass auch bei diesen Zellen die einzelnen Schichten aus einer Vereinigung von Fasern gebildet sind, und dass die feinen schattigen Linien, welche auf diesen Schichten sichtbar sind, die Vereinigungsstellen der Fasern bezeichnen. Aber nicht blos diese inneren Schichten bestehen aus verwachsenen Fasern, sondern auch die äusserste, nur ist die Richtung der Fasern eine verschiedene, insofern sie in der äussern Schichte quer verlaufen. Die Kügelchen, von welchen VALENTIN in diesen Zellen beobachtete, dass sie sich spiralförmig aneinander ordnen und die Grundlage der neuen Zellenschichten bilden, hält MEYEN für Kügelchen, die im Zellsafte schwimmen und wie die Kügelchen des Milchsaftes eine Molecülarbewegung zeigen.

Gehen wir nach dieser historischen Uebersicht der bisher über diesen schwierigen Punkt angestellten Forschungen zur nähern Untersuchung des Gegenstandes selbst über, so müssen wir zuerst diejenigen Zellen ins Auge fassen, deren Wandung noch keine bedeutende Dicke erlangt hat, von welchen desshalb angenommen wurde, dass sie noch aus der primären Zellwandung ohne secundäre, aufgelagerte Schichten bestehen, bei welchen daher die eigenthümliche Structur, welche man in ihren Wandungen entdeckte, der primären Schlauchwandung selbst zugeschrieben wurde.

MEYEN gründete auf die Untersuchung solcher dünnwandiger Zellen den hauptsächlichsten Beweis für seine Ansicht, dass die Zellwandung aus Spiralfasern zusammengesetzt sei; insbesondere ist es die von ihm auf Luçon entdeckte *Stelis gracilis*, deren sehr merkwürdiger Zellenbau ihm die schlagendsten Gründe für diese Structur der Zellwandung zu geben schien. Er theilte zu verschiedenen Malen Abbildungen von den Zellen dieser Pflanze mit, welche ein getreues Bild von denselben geben (über die neuesten Fortschritte der Anatomie und Physiologie der Gewächse, Haarlem. 1836. Tab. IX. A. fig. 4 — 6.; Pflanzenphysiologie, Tab. IV. fig. 5. 7.). Ich verdanke der gefälligen Mittheilung des angeführten Phytotomen ein Stückchen dieser Pflanze, eine Mittheilung, die für meinen gegenwärtigen Zweck um so wichtiger war, da unter allen von MEYEN angeführten Beispielen der Zellenbau dieser Pflanze am meisten von dem gewöhnlichen Verhältnisse abzuweichen schien. Das Resultat meiner Untersuchung der genannten Orchidee stimmt mit den Angaben MEYEN's nicht überein. Die Wandungen dieser Zellen zeigten sich nämlich nicht, wie MEYEN[3]) angiebt, aus gesonderten Fasern zusammengesetzt, ohne irgend eine Spur einer umschliessenden Substanz

1) L. c. p. 80.

2) L. c. p. 109. u. f.

3) Neues Syst. der Pflanzenphysiologie p. 46.

oder verbindenden Membran, sondern es zeigte sich mit vollkommenster Deutlichkeit zwischen den Fasern eine Membran ausgespannt, welche zwar sehr zart ist, allein schon bei den im Wasser liegenden, noch deutlicher hingegen bei trockenen Zellen sichtbar ist. Der Bau dieser Zellen stimmt daher im Wesentlichen mit dem Bau der Spiralzellen, welche die äussere Haut der Wurzeln so vieler tropischer Orchideen bilden, vollkommen überein; eine Uebereinstimmung, welche schon durch den Umstand wahrscheinlich wird, dass auch bei manchen andern tropischen Orchideen einzelne, wenn auch nicht alle Parenchymzellen der Blätter eine ähnliche Faserbildung und eine umschliessende Membran zeigen.

Dass die Enden der Zellen von *Stelis* eine gleichförmige Membran zeigen, ist ein Umstand, welcher keinen Einwurf gegen die Vergleichung dieser Zellen mit gewöhnlichen Spiralfaserzellen begründen kann, indem es überhaupt häufig ist, dass bei Zellen und Gefässen die Fasern an einzelnen Stellen zu gleichförmigen Membranen zusammenfliessen. Wir können dem Gesagten zu Folge in der *Stelis gracilis* Meien keine Ausnahme vom gewöhnlichen Bau der Spiralzellen und keinen Beweis von der Zusammensetzung der einfachen Zellmembran aus Fasern finden, sondern müssen annehmen, dass die zarte, zwischen den Fasern ausgespannte Membran die primäre Zellwandung ist, und dass die Fasern eine secundäre, auf der innern Fläche der Zellwandung abgelagerte Bildung sind.

Einen weiteren Beweis für seine Ansicht findet Meyen in der Structur der Haare der Cacteen, besonders der Mammilarien und Melocacten, indem sich die Zellwandungen derselben in Form eines spiraligen Bandes auseinander ziehen lassen. Auch hier kann ich nicht derselben Ansicht sein. Aus der Untersuchung der Haare einer ziemlichen Anzahl von Cacteen ergab sich nämlich, dass die Zellen, aus denen sie zusammengesetzt sind, mit einem feinen Fasernetze besetzt sind. Diese Fasern sind bald ziemlich derb und sehr deutlich z. B. bei *Opuntia fragilis*, bald sehr zart und nur am trockenen Haare deutlich zu erkennen, z. B. bei *Echinocactus multiplex*, *Mammillaria discolor*. Häufig sind die Fasern an den langgestreckten, oberen Zellen des Haares deutlich, dagegen weniger deutlich an den kürzeren, untersten Zellen, ebenso sind sie bei den Haaren der jungen, noch in der Entwicklung begriffenen Triebe entweder noch sehr schwach ausgebildet oder auch gar nicht zu sehen, dagegen bei den Haaren älterer Triebe deutlich ausgebildet. Sie verlaufen zum Theil in der Richtung einer Spirale, meistens sind sie dagegen netzartig unter einander verwachsen, jedoch immer so, dass die spiralige Windung vorherrscht und die Maschen des Netzes in schiefer Richtung aufwärts gezogen sind. Ich kann also auch hier wieder nichts anderes, als eine ganz gewöhnliche Spiralzellenbildung finden; dafür spricht das Aussehen der erwachsenen Zelle und die Entwicklungsgeschichte derselben. Für die faserige Structur der primären Schlauchwandung lässt sich daher aus dem Baue dieser Zellen keine Folgerung ableiten. Im Gegentheile wäre die Zellmembran aus Fasern zusammengewachsen, so müsste dieses an der jungen Zelle am deutlichsten sich zeigen, diese ist aber gerade entweder glattwandig oder nur mit sehr undeutlichen Fasern besetzt, ganz analog der Tüpfelbildung aller Zellen.

Als dritten unzweifelhaften Beweis für die Zusammensetzung der Zellenhäute aus Spiralfasern betrachtet Meyen den Bau der Faserzellen in der Samenhaut von *Casuarina* und *Collomia*, indem er annimmt, dass die Wandungen dieser Zellen, wenn die Samen in Wasser gebracht werden, sich in die bekannten Spi-

ralfasern auflösen. Dieses findet nun bei den Samen von *Collomia* entschieden nicht statt, denn man wird hier immer die Spiralfaser von einem dünnhäutigen Schlauche umgeben finden, wodurch unzweifelhaft bewiesen wird, dass diese Zellen gewöhnliche, nur durch ausserordentlich starke Hygroskopicität ausgezeichnete Spiralzellen sind.

Bei den Spiralzellen von *Casuarina* gelang es mir zwar nicht, eine solche äussere Haut zu sehen, dennoch aber zweifle ich nicht, dass auch sie im wesentlichen mit den bisher betrachteten Zellen übereinstimmen. Wenn man diese Zellen trocken oder mit Alcohol (in welchem sie sich nicht aufrollen) befeuchtet betrachtet, so findet man die Windungen ihrer Spiralfaser unmittelbar aneinander liegen, so dass nur eine schmale, dunkle Trennungslinie zwischen ihnen sichtbar ist; bringt man nun Wasser hinzu, so rollen sich die Spiralfasern schnell auf, wobei man allerdings von einer die Windungen verbindenden Membran nichts gewahr wird, allein dasselbe tritt bei der Abrollung aller sehr zarter, mit enggewundener Faser versehener Spiralgefässe auch ein, ohne dass desshalb an der Anwesenheit einer umschliesenden Haut zu zweifeln ist. Wenn man bedenkt, dass diese Fasern einander unmittelbar berühren, oder wenigstens einander so sehr genähert sind, dass der Zwischenraum zwischen ihnen $^{1}/_{2000}$ Linie nicht übersteigen kann, so ist leicht einzusehen, dass die umschliessende Membran nicht zu sehen ist, wenn dieselbe bei der Aufrollung der Faser zerreisst und nicht, wie bei *Collomia* ausgedehnt wird. Da in allen analogen Fällen eine umschliessende Membran vorhanden ist, so sind wir ohne Zweifel dazu berechtigt, sie auch hier zu vermuthen, indem die besondere Bildung dieser Zellen, unter der Voraussetzung, dass diese Membran sehr dünn und zerreisslich ist, es sehr erklärlich macht, dass sie nicht gesehen wird. Untersuchung der Entwicklungsgeschichte dieser Zellen würde die Sache leicht aufklären, dazu fehlte mir aber die Gelegenheit.

Fassen wir das Resultat dieser Beobachtungen zusammen, so erhellt, dass (mit Ausnahme des zweifelhaften Falles von *Casuarina*) diejenigen parenchymatosen Zellen, welche Meyen als Beweis dafür anführte, dass die Zellenhäute aus einer Vereinigung von spiralförmigen Fasern bestehen, diesen Beweis nicht liefern, indem die Fasern durch eine dünne Membran verbunden sind, dass daher diese Zellen denselben Bau, wie die gewöhnlichen Faserzellen, z. B. der Antheren, der Luftwurzeln der Orchideen etc. besitzen, und sich von diesen nur durch den Umstand unterscheiden, dass ihre Fasern in sehr engen Windungen liegen, wesshalb die verbindende Membran übersehen werden kann.

Da solche mit sehr zarten und einander sehr genäherten Fasern versehene Zellen nicht zu den häufigen Bildungen gehören, so mag es nicht überflüssig sein, noch einige weitere Pflanzen zu nennen, bei welchen sie sehr ausgebildet vorkommen. Dahin gehört vor allen *Illecebrum verticillatum*, dessen schwammige, weisse Sepala aus einem parenchymatosen Zellgewebe gebildet sind, welches vollkommen denselben Bau hat, wie die äussere weisse Haut der Wurzeln parasitischer Orchideen; ferner die Samenhaut von *Viscum album*, deren Zellen ebenfalls mit sehr enge aneinander liegenden Fasern besetzt sind, endlich das lockere, schwammige Zellgewebe, welches bei den Samen von *Cucurbita Pepo* zwischen der festen weissen Testa und der innern grünen Samenhaut liegt, dessen Zellen mit einem äusserst zierlichen, feinen Fasernetze besetzt sind und vollkommen das gleiche Aussehen wie die Wandung eines netzförmigen Gefässes besitzen.

Betrachten wir nun die näheren Verhältnisse der Faserzellen, so haben wir der Richtung ihrer Windung, dem Bau ihrer Häute, der Anwesenheit von Tüpfeln unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Die Richtung, in welcher die Spirale gewunden ist, ist in den meisten Fällen sehr schwierig zu bestimmen, nicht desshalb, weil man bei einem Präparate nicht mehr anzugeben weiss, welches Ende gegen die Wurzel und welches gegen die Spitze des Stammes gerichtet war, oder weil das Mikroskop ein umgekehrtes Bild giebt (denn diese Umstände, welche Meyen an verschiedenen Stellen seiner Werke als die Ursachen der schwierigen Bestimmung der Windung der Spiralgefässe aufführt, kommen gar nicht in Betracht), sondern weil bei einem parenchymatosen Gewebe, dessen Wandungen sehr dünn sind, sehr schwierig auszumitteln ist, welche Lage der zwei übereinander liegenden und sich kreuzenden Faserschichten der oberen, und welche der untern Zelle angehört. Diese Schwierigkeiten fallen hinweg, wenn sich die Zellen von einander isoliren lassen, oder wenn sie, wie bei Haaren, einzeln übereinander stehen. In diesen Fällen erkennt man, dass die Fasern bald rechts bald links gewunden sind. Rechts gewunden, d. h. also in demselben Sinne wie die Faser der Spiralgefässe[1]), sind die Fasern bei *Casuarina* und *Collomia*, links gewunden bei den Haaren der Cacteen; es ist jedoch in der Richtung der Windung selbst bei derselben Pflanze keine festbestimmte Regel, es kommt sogar bei den Cactushaaren vor, dass einzelne zwischen links gewundenen liegende Zellen rechts gewunden sind.

Die spiralförmige Windung kann nun in doppelter Beziehung Abänderungen zeigen. Einmal kann die Steigung der Spirale abnehmen, bis die Faser senkrecht auf der Längenachse des Gefässes steht, was die Bildung von Ringfasern, anstatt Spiralfasern zur Folge hat; anderntheils kann die Steigung zunehmen, bis sie mit der Achse parallel wird, und die Fasern an den Seitenwandungen senkrecht verlaufen.

Ausserdem kommen noch eine Menge Unregelmässigkeiten im Verlaufe der Fasern vor, indem sie von der Spirallinie abweichen, stellenweise auseinandertreten, so dass der eine Theil steiler, der andere weniger steil aufwärts lauft, bis sie nach einer gewissen Strecke wieder zusammentreffen u. dgl. m.

Eine weitere Abweichung besteht in der Verzweigung und netzförmigen Verbindung der verschiedenen Fasern, wobei, je nach dem Grade der Verästelung, die spiralige Richtung bald noch deutlich bleibt, bald ganz in den Hintergrund tritt.

Ein höchst merkwürdiges Verhältniss in Beziehung auf die Richtung der Fasern zeigen die Zellen, aus welchen die äussere Rindenschichte der Luftwurzeln von *Epidendrum elongatum* besteht. Dieselben sind, wie bei andern parasitischen Orchideen mit ziemlich zarten Fasern besetzt; diese Fasern verlaufen dagegen nicht mit der grossen Regelmässigkeit, wie bei den andern Orchideen in Spirallinien und in gleicher Entfernung von einander, sondern sie verlaufen in einem Theile der Zellen in sehr steil ansteigenden Spira-

1) Anm. Es soll hiemit nicht behauptet werden, dass die Spiralgefässe ohne Ausnahme in dieser Richtung gewunden sind, sondern nur, dass diese Richtung in der unendlich grossen Mehrzahl der Fälle vorkommt, wenigstens erinnere ich mich keiner andern Pflanze, als *Pinus sylvestris*, bei welcher ich links gewundene Spiralgefässe sah.

len und sind einander alsdann sehr genähert. Diese Fasern sind nun nicht an allen Stellen parallel unter einander, sondern sie weichen an einzelnen Stellen auseinander, so dass sie elliptische Räume der Zellwandung frei lassen, wodurch eine Art von Netz mit unregelmässigen und zerstreuten Maschen entsteht, welche Maschen theils durch einzelne Fasern, meistens jedoch durch ganze Faserbündel von einander geschieden sind.

Da nun die Fasern in den aneinander liegenden Seitenwandungen zweier benachbarter Zellen einander kreuzen, so können diese Maschen der Fasernetze, wenn sie einander auch in der Lage im Allgemeinen entsprechen, dennoch einander nicht genau decken, sondern fallen nur in ihrer Mitte über einander, während ihre beiden schief aufwärts und abwärts gerichteten Enden von den Fasern der benachbarten Zelle bedeckt sind.

Ueber diese faserfreien Stellen ist bald die äussere Haut der Zelle fortgesetzt, so dass sie Tüpfel von gewöhnlicher Bildung darstellen, bald ist auch an diesen Stellen die äussere Haut der Zelle wirklich durchlöchert, so dass ein freier Uebergang von der einen Zelle in die andere stattfindet. An anderen Stellen haben die Fasern eine mehr quere Richtung und lassen grosse ovale Räume zwischen sich frei, welche ebenfalls wahre Oeffnungen darstellen.

Der Bau dieser Zellen erinnert in einiger Beziehung an die Zellen von *Sphagnum*; wie hier haben wir bei dem genannten *Epidendrum* durchlöcherte Zellmembranen, welche mit Fasern besetzt sind, und der Unterschied zwischen beiden beruht hauptsächlich darauf, dass die Poren bei *Sphagnum* von einem eigenen, geschlossenen Faserringe umgeben sind, welcher nicht nothwendigerweise mit den Spiralfasern in Verbindung steht, während bei *Epidendrum* die Poren in den Zwischenräumen zwischen den Spiralfasern liegen.

Schon dieser Umstand muss uns auf eine Vergleichung dieser Poren mit den gewöhnlichen Tüpfeln der Zellen hinweisen, noch mehr aber werden wir hierauf hingeleitet durch den Umstand, dass diese elliptischen Oeffnungen sich mit einander kreuzen, indem wir an den Tüpfeln vieler Gewächse eine ähnliche Kreuzung beobachten.

Im Allgemeinen entsprechen zwar bekanntlich die Tüpfel in den an einander anliegenden Wandungen zweier Zellen einander in Hinsicht auf Lage und Form vollkommen, und man wird von dieser Regel bei parenchymatosen Zellen, bei welchen keine der drei Hauptdimensionen bedeutend über die andern überwiegt, nicht leicht bedeutendere Ausnahmen finden. Anders verhält es sich dagegen bei einer grossen Menge von prosenchymatosen, in die Länge gezogenen Zellen. Hier wird man nämlich bei genauerer Betrachtung der Tüpfel finden, dass dieselben keinen kreisförmigen Umfang besitzen, sondern die Form von schiefstehenden kurzen Spalten zeigen, welche alle in der Richtung einer die Zelle umgebenden Spirale stehen. Ob nun gleich die Tüpfel zweier mit einander verwachsener Zellwandungen einander entsprechen, so können sie doch der angegebenen schiefen Stellung wegen (indem in allen Zellen die Spirale, in welcher die Tüpfel stehen, die gleiche Richtung hat) einander nicht vollkommen decken, sondern kreuzen sich mit einander und liegen nur mit ihrem mittlern Theile übereinander. Sehr deutlich lässt sich diese Bildung an den prosen-

chymatosen Zellen der Holzbündel im äusseren festen Theile des Stammes von *Aloë arborescens* und an den Holzzellen von *Cactus hexagonus* erkennen, indem die Tüpfel bei diesen Gewächsen eine ziemliche Grösse besitzen.

Schwieriger ist die Nachweisung dieses Baues bei den Holzzellen von Bäumen, doch wird man ihn mittelst einer 300—400maligen Vergrösserung leicht bei *Betula alba, Aesculus Hippocastanum*, *Acer campestre, Sophora japonica, Liriodendron tulipifera, Evonymus europaeus*, besonders aber bei den stark punktirten Holzzellen der Asclepiadeen und Apocyneen, z. B. bei *Hoya carnosa, Periploca graeca, Nerium Oleander* finden. In allen diesen Fällen wird man erkennen, dass die Tüpfel nicht kreisrund, sondern länglich sind, an beiden Enden in eine kürzere oder längere Spalte auslaufen und schief stehen. Die Kreuzung der zwei übereinander liegenden Tüpfel, welche zwei aneinander liegenden Zellwandungen angehören, wird man desto leichter erkennen, je dünnwandiger diese Zellen sind. Von keinem Einflusse ist es hiebei auf die Form der Tüpfel, ob dieselben von einem rundlichen Hofe umgeben sind, wie bei *Evonymus europaeus,* oder ob ein solcher Hof fehlt, wie bei *Aesculus.* Wo ein solcher Hof vorhanden ist, stimmen diese Tüpfel in ihrem Baue vollkommen mit den Tüpfeln der Coniferen überein, denn auch bei diesen, z. B. bei *Ginkgo biloba* , ist es nicht selten, dass die Tüpfel elliptisch sind und sich kreuzen.

Diese schiefe, unter einem bestimmten Winkel gegen die Längenachse der Zelle geneigte Richtung der Tüpfel weisst uns darauf hin, dass auch bei den glattwandigen Zellen die Tüpfel nicht, wie es auf den ersten Anblick scheint, ganz regellos vertheilt sind, sondern dass in diesen Zellenhäuten eben so, wie in der Spiralzelle und dem Spiralgefässe, die organisirende Kraft in der Richtung einer Spirallinie thätig ist.

Um diesen Umstand näher zu erforschen, mag es das passendste sein, zu untersuchen, ob zwischen der Richtung der Tüpfel und den auf den Wandungen mancher Zellen vorkommenden Spiralfasern ein bestimmtes Verhältniss stattfinde. Bei den oben beschriebenen Zellen von *Epidendrum elongatum* findet dieses entschieden statt, denn hier nehmen die Tüpfel und Poren die Zwischenräume zwischen den auf eine gewisse Strecke aus einander weichenden Faserbündeln ein, liegen daher mit ihrer Längenachse immer in der Richtung der Fasern und werden unmittelbar von denselben begrenzt. Dieses könnte nun zu der Vermuthung führen, dass auch bei den übrigen mit elliptischen Tüpfeln versehenen Zellen der Bildung von Tüpfeln ein solches Auseinanderweichen von Spiralfasern zu Grunde liege, und dass die Tüpfel nichts anderes seien als Lücken zwischen den Spiralfasern. In der That, hat auch Meyen in Beziehung auf die Tüpfel der Coniferen und Cycadeen eine solche Ansicht geäussert. Nachdem er nämlich als Thatsache anführte [1], dass die Membran der Röhren , welche das Holz dieser Pflanzen bilden (Meyen's Prosenchymzellen), aus lauter feinen, spiralförmig sich windenden Fasern zusammengewachsen sei, so erklärt er die Entstehung und Richtung ihrer elliptischen Tüpfel durch die Annahme, es treten die Windungen der Faser aus einander und es entstehe aus der sich dazwischen bildenden Haut der Tüpfel [2].

1) Physiologie p. 79.

2) L. c. p. 87. p. 90.

Diese Angaben müssten, wenn sie sich bestätigten, unsere bisherigen Ansichten vom Baue der Zellenhäute vollkommen reformiren, daher müssen wir sie etwas näher ins Auge fassen.

Was zuerst die Angabe betrifft, dass die Zellwandungen der Coniferen in ihrer ersten Jugend aus spiralförmig neben einander laufenden Fasern bestehen, welche sich „ganz nach Belieben auseinander ziehen lassen," so muss ich derselben auf das entschiedenste widersprechen. Ich habe vielfach die jungen, in der Entwicklung begriffenen Holzschichten der Coniferen untersucht und die Entwicklung ihrer Tüpfel verfolgt, eine Zusammensetzung der Zellmembran aus lose verbundenen Fasern aber niemals gesehen, sondern ohne Ausnahme die Wandungen der jüngsten Zellen vollkommen gleichförmig ohne irgend eine Spur von Streifung gefunden, und eben so wenig konnten dieselben durch Zerreissung in Fasern aufgelöst werden. Was den zweiten Punkt, nämlich die Entwicklungsgeschichte der Tüpfel des Tannenholzes anbetrifft, so kann ich auch hierin der Meinung Meyen's nicht beitreten. Nach seiner Angabe treten bei den jungen Zellen von *Pinus* die Spiralfasern, welche die Wandung bilden, aus einander und es entwickelt sich nun aus der sich dazwischen bildenden Haut der Tüpfel mit seinem Hofe. Dagegen ist mancherlei einzuwenden. Spiralfasern wird man in dem gerade in der Entwicklung begriffenen Triebe einer *Pinus* nur in den unmittelbar an das Mark anstossenden Röhren, welche die sogenannte Corona bilden, finden, niemals aber wird man, wie schon bemerkt, in den später getüpfelten Röhren während ihrer Jugend Spiralfasern sehen. Die Röhren, in welchen Spiralfasern vorkommen, sind nun verschiedener Art. Zunächst am Marke liegen engere Röhren, welche mit den gewöhnlichen abrollbaren Spiralgefässen vollkommen übereinstimmen. Auf der äusseren Seite von diesen liegen weitere Röhren, deren Wandungen mit spiralig ansteigenden, netzförmig verzweigten Fasern besetzt sind, welche sich in einem breiten Bande aufrollen lassen. Die Wandungen dieser Röhren bestehen aber nicht aus diesen netzförmig verzweigten Fasern allein, sondern die Maschen des Netzes sind mit einer dünnen Membran überzogen, wir sind also vollkommen dazu berechtigt, diese Röhren zu den netzförmigen Gefässen zu zählen. Neben diesen Röhren, weiter nach aussen, folgt nun die Form von Röhren, welche Meyen für eine Uebergangsstufe von dem Zustande, in welchem die Wandung der Röhren aus spiralförmig gewundenen Fasern bestehe, zu der gewöhnlichen getüpfelten Röhre hält und welche er Tab. IV. fig. 13. seiner Pflanzenphysiologie abbildete. Diese Röhren sind dagegen weit entfernt, eine solche Entwicklungsstufe der gewöhnlichen getüpfelten Röhren der Coniferen darzustellen, sondern sie sind eine bleibende Form und können an dieser Stelle auch im Holze des erwachsenen Baumes noch aufgefunden werden; sie werden freilich im jungen Triebe, in welchem sich die getüpfelten Röhren, welche den grössten Theil des Holzringes bilden, noch nicht oder nur zum kleineren Theile gebildet haben, leichter aufgefunden, weil der Holzring zu dieser Zeit blos aus ihnen und den schon beschriebenen spiral- und netzförmigen Gefässen besteht, allein sie sind im alten Holze noch unverändert, und niemals wird man diejenigen Röhren, welche den äussern Theil des ersten Jahrringes, und die späteren Jahrringe ganz bilden, in irgend einer Periode unter dieser Form antreffen. Untersuchen wir diese Röhren näher, so werden wir in ihnen eine Mittelbildung zwischen den netzförmigen Gefässen und den getüpfelten Röhren erkennen. Mit den ersteren haben sie die Fasern gemein, welche auf der innern Seite ihrer Wandung verlaufen, mit den letzteren theilen sie die Anwesenheit

von Tüpfeln. Wenn MEYEN angiebt, dass die Fasern dieser Röhren auseinandertreten, und dass in den elliptischen Räumen zwischen denselben die Tüpfel mit ihrem Hofe entstehen, so ist dieses allerdings bis auf einen gewissen Grad richtig. Die Tüpfel liegen (wie dieses auch nicht anders zu erwarten ist) an den Stellen, an welchen die Fasern divergiren und einen elliptischen Raum einschliessen, d. h. der Canal des Tüpfels liegt zwischen den Windungen der Faser, aber keineswegs immer auch der Hof des Tüpfels, sondern über diesen laufen die Fasern häufig genug hinweg. Wir haben also eine getüpfelte Membran, deren Tüpfel von einem Hofe umgeben sind, weil die aneinander stossenden Röhren im Umkreise des Tüpfels eine Strecke weit auseinander treten, auf deren innerer Seite ferner Fasern liegen, welche dem Tüpfelcanale ausweichen. Dass aber diese Fasern ursprünglich parallel mit einander verliefen und nicht verwachsen waren, dass sie später zu einer Membran zusammenfliessen, an einzelnen Stellen auseinander treten, dass alsdann in diesen Lücken eine neue Membran mit einem von einem Hofe umgebenen Tüpfel entstehe und dass endlich alles zusammen in eine gleichförmige Membran verschmelze, von diesem allen konnte ich keine Spur sehen und muss diese Annahme als eine unbegründete Hypothese verwerfen. Wohl aber ist zu bemerken, dass es nicht klar ist, wie MEYEN in dieser Entwicklungsgeschichte, wenn sie wirklich den angegebenen Verlauf hätte, den Beweis finden kann, dass die Zellwandung aus verwachsenen Fasern bestehe, indem sie eher den Beweis dafür liefern würde, dass die Fasern nicht die ganze Zellwandung bilden können. Wenn sich nämlich in den Zwischenräumen zwischen den Fasern eine Haut mit Hof und Tüpfel bildet, so gehört diese doch auch zur Zellwandung, wo sind denn aber die Fasern, aus welchen dieser Theil der Membran besteht, und sind etwa die Tüpfel auf den Röhren der Coniferen so selten und ihre Höfe so klein, dass die letzteren nicht einen sehr beträchtlichen Theil der ganzen Membran bilden?

Weiter nach aussen, als die beschriebenen Röhren, liegen im Tannenholze die gewöhnlichen getüpfelten Röhren (MEYEN's Prosenchymzellen).

So haben wir also im Holze der Coniferen und ebenso im Holze der Cycadeen drei Formen von Röhren, nämlich 1) Spiralgefässe und netzförmige Gefässe, 2) Röhren mit Netzfasern und Tüpfeln, 3) Röhren mit Tüpfeln. Dass diese drei Formen drei verschiedene Formabänderungen desselben anatomischen Systemes sind, habe ich schon längst bei den Cycadeen durch den Umstand erwiesen, dass dieselben gleichmässig beim Uebertritte der Holzbündel in den Blattstiel sich in Treppengänge verwandeln, dass sie aber nicht, wie MEYEN angiebt, drei Entwicklungsstufen desselben Elementarorganes sind, davon kann man sich ohne Schwierigkeit durch Untersuchung von Tannenästen verschiedenen Alters überzeugen.

Ehe wir nun die Frage, in welchem Verhältnisse bei diesen Röhren die Tüpfel und die Fasern zu einander stehen, zu beantworten suchen, mag es nicht unpassend sein, vorerst eine Betrachtung der Röhren von *Taxus baccata* anzustellen, bei welchen bekanntlich die Anwesenheit von Spiralfasern, welche zwischen den Tüpfeln durchlaufen, constant ist.

Dass die Spiralfasern bei *Taxus* mit der Bildung der Tüpfel in keinem ursächlichen Zusammenhange (welchen MEYEN in seinen verschiedenen Schriften nachzuweisen suchte) stehen, dafür scheint mir schon die

gegenseitige Lage von beiden zu sprechen. Wir finden nämlich bei Untersuchung der Röhren des Taxusholzes, dass zwar immer der Tüpfelkanal zwischen zwei Windungen der Spiralfaser liegt, dass aber die Entfernung der Spiralfasern von dem Canale sehr wechselt, indem die Faser bald mitten zwischen zwei Tüpfeln und ihren Höfen durchlauft, bald aber über den Hof und häufig unmittelbar am Rande des Canales hinlauft, dass sie nicht eine Biegung macht, um dem Tüpfel auszuweichen, sondern ohne Rücksicht auf Anwesenheit oder Abwesenheit eines Tüpfels ihren Weg fortsetzt.

Schon diese Verhältnisse lassen uns vermuthen, dass die Spiralfaser eine von den Tüpfeln ganz unabhängige Bildung ist, und dass wir an den Röhren des Taxusholzes ein Gebilde vor uns haben, welches nicht wie die getüpfelten Zellen und Spiralgefässe aus zweierlei über einander liegenden Häuten, sondern aus drei Schichten, welche nach einem abweichenden Typus gebaut sind, besteht. Während nämlich bei der getüpfelten Zelle, bei der Spiralzelle und bei dem Spiralgefässe ein äusserer, wenigstens anfänglich immer vollkommen geschlossener Schlauch vorhanden ist, und auf der innern Seite desselben sich eine secundäre Membran ablagert, welche entweder von grösseren oder kleineren Poren durchlöchert oder welche in Spiral- und Ringfasern getheilt ist, so haben wir hier bei *Taxus* (und eben so bei den oben besprochenen Uebergangsbildungen zwischen den Spiralgefässen und getüpfelten Röhren bei *Pinus*) eine Combination von dreierlei Schichten, nämlich 1) der primären, geschlossenen Schlauchwandung, 2) einer grösseren oder kleineren Anzahl von secundären durchlöcherten Membranen, 3) der Spiralfaser.

Für diese Unabhängigkeit der porösen, secundären Schichten von der tertiären Spiralfaser scheint in noch höherem Grade die Richtung der Tüpfel zu sprechen. Man wird nämlich nicht in allen Fällen bei *Taxus* die Tüpfel kreisrund finden, sondern häufig sind dieselben elliptisch, besonders diejenigen Tüpfel, welche in den engeren, den äusseren Theil der Jahrringe bildenden Röhren liegen und diejenigen, welche sich an den Stellen der weiteren Röhren befinden, welche an Markstrahlenzellen angrenzen. Vergleicht man nun die Richtung der Längenachse dieser elliptischen Tüpfel mit der Richtung der Spiralfaser, so findet man in dem Holze von verschiedenen Bäumen ein abweichendes Verhältniss. Bei dem einen Holze wird man nämlich in allen Röhren die Richtung der Schraubenlinie, in welcher die Tüpfel liegen, sich mit der Spiralfaser kreuzen sehen; während nämlich die erstere links gewunden ist, ist die Faser nach Art der Faser der Spiralgefässe rechts gewunden. Bei dem Holz anderer Bäume wird man dagegen sowohl die Spirale, in welcher die Tüpfel liegen, als die Spiralfaser gleichmässig links gewunden finden. Diese Abweichung in der Richtung der Spiralfaser, welche keinen Einfluss auf die Richtung der Tüpfel äussert, beweist meiner Meinung nach unwiderleglich, dass die Membran, in welcher die Tüpfel liegen, und die Spiralfaser zwei gänzlich von einander verschiedene, in ihrer Entstehung und Ausbildung von einander unabhängige Bildungen sind.

Dieselbe Kreuzung der Längenachse der Tüpfel mit der Windung der auf der innern Seite der Zelle verlaufenden Spiralfaser finden wir auch bei solchen Holzzellen der Dicotylen, welche neben den gewöhnlich auf diesen Zellen vorkommenden Tüpfeln auch noch Spiralfasern enthalten. Dieses ist der Fall bei den Holzzellen von ***Viburnum Lantana***, ***Lonicera Xylosteum*** und ***Evonymus europaeus***, welche die grösste

Aehnlichkeit mit den Röhren des Taxusholzes besitzen, jedoch wegen ihrer weit geringeren Grösse und wegen der grossen Zartheit ihrer Faser nicht leicht zu untersuchen sind.

Dass die verschiedenen Schichten derselben Zelle oder desselben Gefässes eine in entgegengesetzter Richtung gewundene Spirale zeigen, mag denjenigen ganz unwahrscheinlich vorkommen, welche an eine durchgreifende Analogie dieser Bildungen mit den gewöhnlichen abrollbaren Spiralgefässen denken, indem es längst nachgewiesen ist, dass bei den letzteren, wenn sich mehrere Spiralfasern in demselben Gefässe finden, sämmtliche Spiralfasern in paralleler Richtung verlaufen. Einem solchen, von der Analogie mit den Spiralgefässen hergenommenen Einwurfe könnte ich jedoch gar keine Beweiskraft zuschreiben, indem wir es hier mit einem Organe zu thun haben, welches nicht aus zwei, sondern aus drei Schichten von verschiedener Ordnung besteht. Dass die einzelnen Membranen derselben Zelle in verschiedener Richtung gewunden sein können, davon haben wir an den eigenthümlich gebauten Baströhren der *Apocyneen,* auf welche wir weiter unten noch einmal zurückkommen werden, ein sehr auffallendes und unläugbares Beispiel. Ich habe bei Beschreibung derselben aus *Vinca minor*[1]) bereits angeführt, dass die spiralförmigen Linien, welche die Wandungen dieser Zellen auszeichnen, theils rechts, theils links gewunden sind, und dass es wahrscheinlicher sei, dass diese verschiedenen Windungen in den verschiedenen Schichten der Zellmembran abwechseln, als dass in derselben Schichte sowohl links- als rechtsgewundene Fasern vorkommen. Diese Darstellung könnte nach den von VALENTIN[2]) und MEYEN[3]) seit dem Erscheinen jener Schrift publicirten Beschreibungen und Abbildungen dieser Zellen als unrichtig erscheinen, indem die beiden genannten Phytotomen die Windung aller Schichten als gleichförmig und die Kreuzung als eine Folge des Durchscheinens der einen Zellwandung durch die andere darstellen. Wiederholte Untersuchungen dieser Zellen zeigten aber auf das deutlichste, dass allerdings jene Verschiedenheit in der Windung der einzelnen Schichten vorkommt, wenn gleich der entgegengesetzte Fall der häufigere ist.

Als Resultat dieser Untersuchungen können wir feststellen, dass die Tüpfel und Fasern in einem doppelten Verhältnisse zu einander stehen können. Einmal nämlich sind die Tüpfel von den Fasern abhängig und stellen die Zwischenräume zwischen denselben, die Maschen des von den Fasern gebildeten Netzes vor, in welchem Falle also die Tüpfel in derselben Schichte der Zellwandung, wie die Fasern selbst, liegen; dieses ist der Fall bei den getüpfelten Zellen und diesen entsprechend bei den netzförmigen Gefässen und den Spiralgefässen, denn bei den letzteren sind die Zwischenräume zwischen den Fasern mit den Tüpfeln der Zellen zu vergleichen. Oder es ist eine getüpfelte Membran dieser Art vorhanden, und auf der innern Seite von dieser liegt eine weitere unvollständige Membran, welche die Form von Spiral-, Ring- oder Netzfasern besitzt; in diesem Falle laufen allerdings die Fasern dieser innern Membran zwischen den Tüpfeln durch und nicht über dieselbe hinweg, denn es ist ein allgemeines Gesetz bei den Elementarorganen der

1) Erläuterung und Vertheidigung p. 23.

2) Repertorium der Anatomie und Physiologie I. 90.

3) Physiologie p. 113.

Pflanzen, dass es keine isolirte, freiliegende, sondern nur auf Membranen abgelagerte und auf dieselben angewachsene Fasern giebt. Ungeachtet dieses bestimmten Lagerungs-Verhältnisses der Fasern zu den Tüpfeln sind dennoch die Tüpfel in ihrer Bildung von den Fasern gänzlich unabhängig und nur auf die Stelle, wo sich ein Tüpfel ausbildet oder nicht ausbildet, kann die Anwesenheit einer solchen Faser Einfluss haben, oder umgekehrt, es kann die Anwesenheit eines Tüpfels die Stelle, wo sich später eine Faser bildet, bestimmen, auf ähnliche Weise, wie auch die Anwesenheit eines Tüpfels auf die Bildung der Tüpfel in der angrenzenden Zelle von Einfluss ist. Diese zweite Art von Tüpfel- und Faserbildung findet sich bei den Coniferen und Cycadeen, bei manchen Holzzellen von Dicotylen und bei den porösen Gefässen mancher Dicotylen.

Bei dieser zweiten Art von Tüpfeln, bei welchen auf der innern Seite der porösen Membran (der secundären Schlauchschichten) eine Spiralfaser oder ein Fasernetz (tertiäre Schlauchschichte) liegt, ist es nicht nothwendig, dass diese tertiäre Schichte die jüngste unter allen drei Schichten ist, sondern sie kann der Zeit der Entstehung nach die zweite sein und es kann sich, nachdem sich dieselbe schon ausgebildet hat, zwischen ihr und der primären Schlauchwandung eine secundäre poröse Membran ausbilden.

Fassen wir nun ins Auge, was denn die Fasern sind, welche die secundären und tertiären Schichten der Zellen bilden, so zeigt eine Vergleichung der verschiedenen Zellenformen, dass dieser Ausdruck der Faser im höchsten Grade unbestimmt ist und keinen eigenthümlichen organischen Elementartheil bezeichnet, indem sich zwischen der zartesten, nur durch gute Vergrösserungen sichtbaren Faser und zwischen ganzen Zellenhäuten keine Grenze auffinden lässt. Jede dickwandige Zelle besteht bekanntlich aus über einander liegenden Membranen, von denen die äusserste die älteste ist und mit seltenen Ausnahmen einen geschlossenen Schlauch darstellt. Die inneren Membranen sind ebenfalls vollkommen geschlossene Schläuche, oder sie sind durchlöchert. Sind nun diese Oeffnungen sehr klein und liegen sie in grösseren Entfernungen von einander, so besitzt die secundäre Membran, ungeachtet ihrer siebförmigen Durchlöcherung dennoch ein hautartiges Aussehen, sind die Oeffnungen dagegen gross und liegen sie nahe an einander, so werden die zwischen ihnen liegenden Theile der secundären Membran zu schmalen Strängen, man übersieht, dass sie zusammen eine Membran bilden und nennt sie Fasern. Diese Identität zwischen Fasern und Häuten wird um so leichter misskannt, je zarter diese Fasern sind und je geringer ihre Verbindung unter einander ist, je mehr sie aus der Form des Netzes in die Form der Spiralfaser oder Ringfaser übergehen. Indem man früher diesen Zusammenhang zwischen Faser und Membran ganz übersah, von der Anwesenheit einer primären Schlauchhaut häufig keine Ahnung hatte, die Fasern sogar zuweilen für hohle Röhren hielt, so entstanden eine Menge falscher Ansichten über den Bau der Spiralgefässe, der getüpfelten Zellen u. dgl. *Faser und Membran unterscheiden sich also nur durch ihre Grösse und durch die Form, unter der sie auftreten.*

Nun entsteht aber die Frage, hat die Faser und die Membran noch eine bestimmbare innere Structur oder sind sie homogen (amorph), gleichsam ein erhärteter, glasartiger Schleim? In diesem Sinne wurde früher die Frage von mir aufgefasst und zu Gunsten einer innern Structur beantwortet, ohne dass es mir jedoch gelang, eine Zusammensetzung der Zellmembran aus einzelnen, trennbaren Elementartheilen von bestimmter Form aufzufinden. Meyen gieng einen Schritt weiter, er glaubte die Elementartheile, aus wel-

chen die Zellmembran besteht, in isolirter Form, und zwar in der Form von Fasern aufgefunden zu haben, welche Fasern wir, um sie von den in schmale Streifen zerspaltenen Zellhäuten unterscheiden zu können, Primitivfasern nennen wollen. Dass sich aber MEYEN hiebei auf einem Irrwege befunden, dass er gerade in den Fällen, welche er für die überzeugendsten hielt, keine einfache Zellmembran vor sich gehabt, sondern dass er die in Form von Spiralfasern ausgebildete secundäre Zellhautschichte für die Primitivfasern einer einfachen Zellwandung gehalten habe, glaube ich oben zur Genüge nachgewiesen zu haben.

Wir müssen unter diesen Umständen die Frage wieder von Neuem aufnehmen. Nicht unzweckmässig mag es aber sein, vorerst einige Betrachtungen darüber anzustellen, um was es sich eigentlich bei dieser Untersuchung handelt und wie weit wir wohl bei derselben kommen zu können hoffen dürfen. Dass wir die organischen Molecüle, aus welchen die Zellmembran besteht, und die Art ihrer Verbindung nicht sehen können, das kann keinem Zweifel unterliegen; das einzige, was wir daher aufzufinden hoffen dürfen, mag wohl darin bestehen, dass wir ermitteln, ob diese Molecüle gleichförmig nach allen Richtungen hin unter einander zu grösseren Massen (Häuten oder Fasern) vereinigt sind und diese desshalb einer bestimmten inneren Structur entbehren, oder ob die Molecüle im Innern der Häute nach bestimmten Gesetzen zusammengeordnet sind, welches Verhältniss eine bestimmte innere Structur zur Folge haben würde.

Was nun die innere Structur eines scheinbar homogenen Körpers anbetrifft, so scheint es mir, dass wir vor allem zwei Hauptfälle unterscheiden müssen.

Einmal kann ein solcher Körper aus entfernten Bestandtheilen von bestimmter Form und Grösse, die einander ähnlich und nach bestimmter Ordnung zusammengelagert sind und welche auch mechanisch von einander getrennt werden können, bestehen. In einem solchen Falle hat man die nähere Beschaffenheit der entferntern Elementartheile, die Art ihrer Verbindung u. dgl. zu untersuchen.

Oder der Körper lässt sich nicht mehr in Theile von bestimmter Grösse und Form auflösen, sondern er zeigt eine Theilbarkeit in bestimmter Richtung oder in verschiedenen, einander kreuzenden Richtungen, welche an jeder Stelle desselben vorgenommen werden kann, wesshalb der Körper zwar in unendlich viele Theile getrennt werden kann, welche aber nur zufälligerweise in Folge der Trennung als besondere Theile auftreten, deren Form wohl durch die besondere Richtung der Theilbarkeit des Körpers bestimmt ist, deren Grösse aber von der Stelle, an welcher die Theilung vorgenommen wird, abhängt und daher zufällig ist.

Eine solche Structur, welche sich nur durch eine Theilbarkeit in bestimmter Richtung zu erkennen giebt, führt uns auf die Annahme, dass die Molecüle eines solchen Körpers eine bestimmte Lage zu einander besitzen und einander nach bestimmten Richtungen stärker als nach den übrigen Richtungen anziehen, dass sie sich daher parallel mit der Richtung der stärkeren Anziehung leichter von einander trennen lassen.

Die Ordnung, in welcher in einem solchen Körper die Molecüle an einander gereiht sind, scheint eine doppelte sein zu können. Einmal nämlich kann man sich dieselben in flächenartiger Ausbreitung an einander gelegt denken, so dass sie Lamellen bilden, welche zwar alle von einander trennbar sind, welche aber nicht einzeln dargestellt werden können, weil unsere Hülfsmittel zu einer so feinen Theilung nicht hinreichen. Eine solche Structur müssen wir den Crystallen zuschreiben, indem der Blätterdurchgang auf eine lagenweise An-

ordnung der Molecüle hinweist. Da nun wenigstens drei einander kreuzende Blätterdurchgänge in einem Crystalle vorkommen, so müssen wir annehmen, dass auch in den einzelnen Lamellen die Molecüle wieder nach bestimmten Richtungen zusammengeordnet und durch stärkere Cohäsion an einander gebunden sind, dass ferner in den verschiedenen Lamellen die Molecülreihen einander entsprechen.

Auf der andern Seite kann man sich aber auch denken, dass die Molecüle eines Körpers nicht in flächenförmiger, sondern nur in linearer Richtung sich an einander reihen und in den übrigen Richtungen durch eine schwächere, nicht in bestimmten Directionen wirkende Anziehung verbunden sind. In einem solchen Körper würde eine Spaltung vorzugsweise leicht in der Richtung der linearen Attraction erfolgen, es würde leicht eine Faserung eintreten, es wäre dagegen eine Darstellung von Fasern, welche eine bestimmte Grösse und Form haben, nicht möglich, insoferne die wahre Primitivfaser aus einer nicht darstellbaren einfachen Reihe von Molecülen bestehen würde, von welchen bei wirklicher Trennung des Körpers bald eine grössere, bald eine kleinere Menge zu dickeren oder zarteren, keine bestimmte Form besitzenden Strängen verbunden bliebe.

Wenn daher bei einem organischen Körper eine faserige Textur erkannt wird, so scheint vor allem zu untersuchen zu sein, ob derselbe als eine Zusammensetzung aus Fasern, welche noch eine bestimmte Grösse und Form (Organisation) besitzen, zu betrachten ist, oder ob seine faserige Textur nur Folge einer linearen Anordnung seiner Molecüle ist.

Eine solche, auf bestimmte Anlagerung der Molecüle in spiraliger und netzförmiger Richtung beruhende faserige Textur hatte ich [1]) in den Zellhäuten mancher Pflanzen, besonders in den Baströhren der Asclepiadeen und Apocyneen zu erkennen geglaubt, indem ich die Anwesenheit von bestimmten Fasern wegen der Unmöglichkeit, solche isolirt darzustellen, nicht annehmen zu dürfen glaubte. Meyen, welcher diese beiden Structurverhältnisse nicht zu unterscheiden scheint, giebt einentheils dieser Erklärungsweise seine Zustimmung [2]), anderntheils aber glaubt er auch bei diesen Zellmembranen eine Zusammensetzung aus wirklichen, mit einander verwachsenen Fasern annehmen zu müssen. Die Gründe, auf welche er sich hiebei stützt, beruhen hingegen nur auf der Analogie dieser Zellen mit den oben betrachteten Spiralzellen, indem er selbst angiebt, dass eine Trennung der Fasern nicht gelinge; ich kann ihnen desshalb auch keine Beweiskraft zuerkennen, indem ich über den Bau der Spiralzellen eine ganz abweichende Ansicht hege.

Eine Beschreibung der Bastzellen der Apocyneen zu geben, wäre überflüssig, indem ihre Form und die Beschaffenheit ihrer Häute schon früher von mir, von Valentin und Meyen vollständig gegeben ist; daher beschränke ich mich nur auf einen Umstand aufmerksam zu machen, welcher bisher noch nicht beschrieben wurde, nämlich auf die Art und Weise, wie die in ihrer Jugend cylindrischen Zellen im höheren Alter in eine Reihe paternosterähnlich an einander gereihter Zellenhöhlungen abgetheilt werden. Es bilden diese Zellen, wie Valentin und Meyen angegeben haben, lange Röhren, welche an einzelnen Stellen bauchig an-

1) Erläuterung und Vertheidigung p. 22.

2) Physiologie p. 112.

geschwollen sind; die engeren Verbindungsstellen werden durch die secundären Zellmembranen, welche sich anfänglich der ganzen Länge der Zellen nach gleichförmig ablagern, allmälig ausgefüllt, und nun fährt in jeder von den übrigen abgeschlossenen Abtheilung der Zellenhöhlung die Bildung von secundären Häuten abgesondert fort, welche Häute nun vollkommen geschlossene Schläuche bilden, so dass sie also im Innern der langgestreckten Zelle eine grössere oder kleinere Anzahl isolirter Zellen darstellen; ein Vorgang, welcher sich an die von mir früher beschriebene Theilung der Zellen der Cryptogamen anschliesst, jedoch nicht identisch mit derselben ist.

Die Beschreibung, welche Valentin von der Entwicklung der secundären Membranen dieser Zellen gab, zu deren Bildung nach seiner Angabe spiralförmig an einander gereihte Kügelchen zusammenfliessen sollen, konnte ich eben so wenig als Meyen durch eigene Beobachtung bestätigen. Einen feinkörnigen Inhalt sah auch ich allerdings häufig in diesen Zellen, besonders in noch jungen Trieben, z. B. bei *Vinca minor*, *Ceropegia dichotoma,* allein eine Anordnung dieser Körnchen in Spirallinien, ein Verschmelzen derselben zu Zellenhäuten konnte ich nie beobachten; überhaupt scheint mir diese ganze Vorstellung einer Bildung von Zellhäuten aus einer körnigen Substanz nicht naturgetreu zu sein, wenigstens konnte ich in keinem von den Fällen, in welchen ich Zellenhäute in ihren ersten Entwicklungsperioden sah, eine Zusammensetzung derselben aus organischen Elementartheilen, welche bereits eine bestimmte Form angenommen hatten, erkennen, sondern immer sah ich die jugendliche Zellmembran aus einer glasartig durchsichtigen, körner- und formlosen Substanz gebildet.

Was mich nun hindert, der Ansicht von Meyen, dass diese Zellmembranen aus Fasern zusammengesetzt seien, zu folgen, ist einentheils der Umstand, dass ich diese Zellen in allen ihren Entwicklungsgraden verfolgte und durch Maceration in völlig isolirter Gestalt, besonders aus *Ceropegia dichotoma*, darstellte, ohne dass es je gelang, eine Haut derselben unter der Form von isolirten, spiralförmig gewundenen Fasern zu treffen; anderntheils, dass mir diese Vorstellung nicht wohl vereinbar mit der netzförmigen Structur, welche in den äussern Schichten dieser Zellen so häufig gefunden wird, zu sein scheint. Eine netzförmige Structur einer Membran ist allerdings auch dann möglich, wenn dieselbe aus Fasern zusammengesetzt ist, indem die Fasern, anstatt parallel zu verlaufen, an einzelnen Stellen aus einander weichen und so im ganzen einen geschlängelten Verlauf haben können. Wenn nun aber eine Membran aus Fasern besteht, wie dieses Meyen von den Zellhäuten annimmt, und wenn diese Fasern einen netzförmigen Verlauf haben, so müssen in den Maschen dieses Netzes entweder Löcher sein, oder es muss ein zweiter Bestandtheil vorhanden sein, welcher diese Oeffnungen ausfüllt, oder es müssen verschiedene, einander kreuzende Faserlagen vorhanden sein, von denen die eine Lage die Oeffnungen der andern überdeckt, etwa wie dieses bei den verschiedenen Lagen von Muskelfasern bei dem Magen und der Urinblase eines Säugethieres stattfindet. Von diesem allen findet man nun bei den Baströhren der Apocyneen nichts. Man kann weder die Fasern isoliren, noch in den Maschen des Netzes, welches man in denselben sieht, Oeffnungen finden, noch einen von den Fasern verschiedenen Bestandtheil entdecken, noch (wenigstens in den meisten Fällen) einander kreuzende Faserschichten auffinden, sondern es sind diese Zellenhäute continuirliche Membranen, welche nicht ganz glatt und

gleichförmig sind, sondern auf welchen man eine Zeichnung von netzförmigen, nicht ganz scharf begrenzten Linien gewahr wird. Diese Zeichnung kann nun wohl in einer partiellen Verdickung einzelner Theile der Membran, in einer auf besonderer Anlagerung der Molecüle beruhenden Streifung ihren Grund haben, wenigstens gleichen diese Linien in ihrem Aussehen durchaus solchen Linien, welche bei netzförmigen oder getüpfelten Zellen über die Membran hinlaufen, wenn eine Faser einer aufgelagerten Membran sich allmälig verflacht und in die glatte Membran übergeht.

Meyen betrachtet die feinen dunkeln Spirallinien auf den Wandungen dieser Baströhren als die Grenzlinien der Fasern, als die Stellen, an welchen diese unter einander verwachsen seien, und es kommt allerdings ein Umstand vor, welcher für diese Ansicht sprechen könnte. Wenn nämlich diese Zellen zerrissen werden, besonders wenn sie trocken und dadurch spröde geworden sind, so zeigen die Ränder der zerrissenen Membranen ein faseriges Aussehen, welches man von einer Trennung der verwachsenen Fasern ableiten könnte. Dazu wäre man wohl auch unstreitig berechtigt, wenn man ausser der Anwesenheit der Streifen irgend einen andern gültigen Grund für eine Zusammensetzung der Zellmembran aus Fasern hätte. Da aber dieser fehlt, da man überhaupt (ich wiederhole dieses als eine sehr bestimmt beobachtete Thatsache) die jugendlichen Zellhäute immer gleichförmig findet, da diese Streifung erst im Alter mit der vollen Ausbildung der Membran deutlich wird, so ist sie offenbar nicht als eine Folge einer Zusammensetzung aus Fasern, sondern als eine Folge des besondern Wachsthumes der Membran zu betrachten. Die Membranen der erwachsenen Zellen besitzen in den meisten Fällen keine vollkommen ebene Oberfläche, sondern sie sind (abgesehen von den gröbern Fasern, welche aus aufgelagerten, durchbrochenen Häuten bestehen) von stärkern oder schwächern Erhabenheiten durchzogen und an andern Stellen dünner, ohne dass dadurch ihre Continuität unterbrochen wird. Man wird dieses bei jedem grosszelligen, mit nicht sehr dünnwandigen Membranen versehenen Zellgewebe beobachten können, besonders wenn es trocken betrachtet wird, z. B. beim Hollundermarke. Man wird bei genauerer Betrachtung auf den Wandungen der Zellen (abgesehen von den Tüpfeln) Streifen und Vertiefungen gewahr werden, welche bald netzartig, bald spiralig verlaufen, meistens aber werden diese Verdickungen nicht scharf begrenzt sein, sondern mit ihren Rändern allmälig in die umgebende Membran verlaufen, so dass keine scharfe Grenzlinie, sondern meistens nur grössere oder geringere Helligkeit dieselben zu erkennen giebt.

Eine solche Streifung steht, ob sie gleich mit der Tüpfelbildung nicht einerlei ist, dennoch im nächsten Zusammenhange mit derselben, und ist im Grunde nur ein minderer Grad derselben. Wo nämlich solche streifenförmige Verdickungen sich stärker ausbilden, da tritt in den Zwischenräumen zwischen ihnen die Membranenbildung zurück, hört endlich auf und es entsteht eine wirkliche Oeffnung, so dass statt einer nur stellenweise verdickten Membran eine poröse sich ausbildet. Diese beiden Modificationen des Baues können in derselben Zelle an verschiedenen Theilen ihrer Wandung vorkommen, was alsdann zu solchen Zellen Veranlassung giebt, bei welchen an der einen Stelle ein deutlich ausgebildetes Fasernetz liegt, dessen Fasern sich an ihrem Ende allmälig verflachend und breiter werdend in eine homogene Membran sich verlieren. So findet man es z. B. bei manchen Zellen von *Sphagnum,* bei vielen Antherenzellen, dahin gehören ferner

die seichten Vertiefungen, welche sich so häufig gegen die Tüpfel, gleichsam in Form einer Furche hinziehen. Im höchsten Grade deutlich ist dieser Uebergang von Streifung zur Porenbildung in den äussern Rindenzellen von manchen parasitischen Orchideen, insoferne hier, wie bei *Stelis gracilis* bald an verschiedenen Stellen derselben Zelle diese verschiedenen Modificationen neben einander in derselben Zelle vorkommen, bald aber auch in andern Fällen neben den gewöhnlichen Spiralzellen, bei welchen die secundären Schichten durchaus aus getrennten Fasern bestehen, andere Zellen liegen, welche nur eine zarte Streifung zeigen, während wiederum andere Zellen eine ganz gleichförmige Membran besitzen.

Da wir nun bei keiner Zelle die Membran ursprünglich faserig und später homogen finden, sondern da umgekehrt die Streifung und das Vorkommen von Fasern Folge der weiteren Entwicklung der Zellen ist, da sich alle Uebergänge von der scheinbar homogenen, glatten Zellwandung durch solche Zellen, deren Wandungen ein Continuum bilden, aber mit streifenweisen, nicht scharf begrenzten Verdickungen besetzt sind, zu solchen Zellen finden, bei welchen diese Verdickungen sich zu isolirten Strängen ausbilden, zwischen welchen eine verbindende Membran fehlt, so glaube ich vollkommen zu der Annahme berechtigt zu sein, es befolge der Bildungsprocess der einfachen (besonders der secundären) Zellmembran die Regel, dass die organische Substanz sich nicht vollkommen gleichförmig, sondern an einzelnen Stellen in grösserer, an andern in geringerer Menge ablagert, dass, wenn diese Ungleichförmigkeit einen höheren Grad erreicht, sich zwischen den Stellen, an welchen eine stärkere Ablagerung stattfindet, gar keine organische Substanz absetzt und dass diese stärkeren Ablagerungen entweder (besonders bei langgestreckten Zellen) in der Richtung einer Spirale, oder (besonders bei kürzeren Zellen) in der Richtung der Fäden eines Netzes vor sich gehe.

Das Stück der Zellmembran, welches sich zwischen zwei Lücken (Tüpfeln) ausbildet, daher die Form eines schmäleren oder breiteren Bandes besitzt, kann dem Gesagten zu Folge entweder glatt und eben sein, wie bei den gewöhnlichen getüpfelten Zellen, oder es kann jene schwächeren, noch durch dünnere Substanz verbundenen Verdickungen zeigen, wodurch alsdann eine getüpfelte und zugleich gestreifte Zelle entsteht, wie dieses z. B. in dem äussern Theile der Jahrringe von *Pinus* häufig ist, oder es fehlen die Tüpfel ganz und es bilden sich nur die schwächeren Verdickungen bei vollkommener Continuität der Zellwandungen aus, wie bei den Zellen mit spiraliger oder netzförmiger Zeichnung. Dieser letzteren Art sind nun die Baströhren der Asclepiadeen; ihre Häute sind nicht durchlöchert, wohl aber in spiralförmiger Richtung gestreift, die Zwischenräume zwischen den Streifen sind schmal, stellen dunkle Linien dar, sie reissen bei mechanischer Gewalt leichter, als die Streifen selbst ein, daher das faserige Aussehen der zerrissenen Ränder.

Die im Allgemeinen spiralförmige oder netzförmige Form der Fasern und Streifen beweist, dass die bildende Kraft bei der Produktion der Zellen in der Richtung einer Spirale thätig ist; einen weiteren Beweis liefert hiefür der schon oben berührte Umstand, dass auch bei Zellen, welche glatte und scheinbar homogene Wandungen besitzen, wenn sie zerrissen werden, der Riss vorzugsweise leicht in der Richtung einer Spirale erfolgt. Hier kann man diese Richtung nicht, wie bei faserigen und gestreiften Zellen daraus ableiten, dass die dickeren Stellen der zerreissenden Gewalt einen grösseren Widerstand entgegensetzen und

desshalb die dünneren Stellen vorzugsweise einreissen müssen, sondern hier sind wir genöthigt, eine bestimmte innere Structur anzunehmen, welche eben so wenig, als der Blätterdurchgang eines Crystalls an und für sich sichtbar ist, sondern nur in der leichteren Theilbarkeit nach einer Richtung sich ausspricht. Da nun, wie ich oben zeigte, Membranen und sogenannte Fasern nicht wesentlich, sondern nur in ihrer äussern Form verschieden sind, so sind wir zur Beantwortung der Frage, von der wir ausgiengen, angelangt, nämlich der Frage, ob die Membran faserig sei, oder ob nur eine bestimmte, auf eine innere Structur und besondere Anlagerung der Molecüle hinweisende Theilbarkeit vorhanden sei, und möchten diese Frage im letzteren Sinne eben so wohl für die sogenannte Faser als die Membran bejahen.

XXV.

Einige Beobachtungen
über
die blaue Färbung der vegetabilischen Zellmembran durch Jod.

(Aus der Flora. 1840.)

In den letzten Jahren wurden von Meyen, besonders aber von Schleiden Beobachtungen bekannt gemacht, welche nachweisen, dass in einzelnen Fällen die Zellmembranen auf die Einwirkung von Jod nicht, wie dieses in der Regel der Fall ist, eine gelbe, sondern nach Art der Amylumkörner eine blaue Farbe annehmen, und dass durch Behandlung der Zellen mit kaustischem Kali oder Schwefelsäure der Zellmembran aller Pflanzen diese Eigenschaft ertheilt werden kann.

Meyen bemerkte in seinem Jahresberichte für das Jahr 1837 (p. 67.) bei der Anzeige der Arbeit von Payen über Flechtenstärke, dass diese Substanz nicht etwa unter der Form von Kügelchen in den Flechten vorhanden sei, sondern die Membranen und den Inhalt der Elementarorgane derselben bilde. Auf gleiche Weise spricht er sich in seiner Physiologie (B. II. p. 285) und im Jahresberichte für das Jahr 1838 (p. 23.) aus, bemerkt jedoch, dass verschiedene Exemplare derselben Flechte auf Jod verschieden reagiren können, insoferne das eine blau, das andere braun gefärbt werden könne.

Ausgedehnter, aber eine andere Richtung verfolgend, sind die Beobachtungen von Schleiden. Er beobachtete (Wiegmann's Archiv. 1838. I. 59.), dass durch Kochen in Aetzkalilauge und spätere Neutralisirung des Kali durch Schwefelsäure die secundären Schichten der vegetabilischen Elementarorgane mehr oder weniger in einen aufgequollenen, gelatinosen Zustand übergehen und sich nun auf Einwirkung von Jod entweder gelb oder in verschiedenen Nuancen blau färben. Er glaubte hieraus schliessen zu müssen, dass die Zellmembranen aus dreierlei Schichten bestehen, *a)* aus der primären Zellmembran, welche durch jene Reagentien nicht afficirt werde, *b)* aus den primären Ablagerungen, welche durch Kochen mit kaustischem Kali in Stärkmehl verändert werden, *c)* aus den secundären Ablagerungen, welche durch die Einwirkung des Kali in einen eigenthümlichen Stoff, der sich mit Jod orange färbe, umgewandelt werden.

Diese Ansichten änderte Schleiden zum Theile in Folge seiner späteren Versuche wieder ab (Poggendorf's Annalen. 1838. I. 391.). Er unterscheidet nämlich nun nur noch zwei Membranen, die primäre und die Ablagerungen, indem er fand, dass die letzteren sämmtlich, wenn die Zellen mit Aetzkalilauge bis zum

Eintrocknen von dieser gekocht werden, von Jod blau gefärbt werden, eine Eigenschaft, welche sie durch längeres Kochen in Wasser wieder verlieren, wodurch auch die aufgequollenen Zellwandungen dünner werden. Dass durch diese Behandlung der Zellen die secundären Schichten in Stärke umgewandelt werden, hält Schleiden zwar nicht für völlig erwiesen, es scheint ihm dieses jedoch dadurch zum höchsten Grade der Wahrscheinlichkeit erhoben, dass nach Einwirkung von verdünnter Schwefelsäure auf ein Pflanzengewebe bei Zusatz von Jod eine kleine Menge von Jodstärke erhalten werde. Hiebei, glaubt er, werde auch die primäre Zellwandung in Stärke verwandelt. Auf diese Weise glaubt Schleiden nachgewiesen zu haben, dass die Umwandlung der Holzfaser in Gummi und Zucker durch Schwefelsäure eine secundäre sei, insoferne die Holzfaser immer vorher in Stärke verwandelt werde.

Endlich giebt Schleiden an, dass der Embryo von *Schotia latifolia* sich mit Ausnahme der Oberhaut, wenn er durchschnitten werde, völlig in Wasser auflöse, welche Auflösung von Jod blau gefärbt werde; folglich, glaubt derselbe, hätte man hier eine Pflanze, deren ganzes Zellgewebe schon im natürlichen Zustande aus Stärke bestehe.

Diese Untersuchungen veranlassten mich, ebenfalls einige Beobachtungen über diesen Gegenstand anzustellen, dabei verfolgte ich aber nicht sowohl den von Schleiden eingeschlagenen Weg, die Holzfaser durch chemische Mittel umzuwandeln, sondern gab mir Mühe, Pflanzen aufzufinden, deren unveränderte Zellmembran Gegenstand ähnlicher Beobachtungen werden könnte.

Samen von *Schotia latifolia* besitze ich nicht, daher konnte ich Schleiden's Beobachtungen über die Zellen ihrer Cotyledonen nicht wiederholen, dagegen zeigte mir der Embryo von *Schotia speciosa* ähnliche Erscheinungen, wie die von Schleiden von der erstgenannten Pflanze beschriebenen. Die Cotyledonen bestehen nämlich aus sehr dickwandigen, getüpfelten Zellen, welche in Wasser bedeutend anschwellen und eine gelatinose Consistenz bekommen. Sowohl durch eine mehrere Tage fortgesetzte Maceration in kaltem Wasser, als durch Kochen konnte ich sie nicht zu einer wahren Auflösung bringen, dagegen wurden sie durch kaustische Kaliauflösung oder durch Schwefelsäure schnell in eine zähe Flüssigkeit verwandelt. Setzt man zu dem Wasser, in welchem ein dünner Abschnitt eines Cotyledon liegt, einen Tropfen einer concentrirten Jodtinctur, so nehmen die Zellen schnell eine schöne Indigofarbe an; zugleich bemerkt man, dass in der Umgebung des Präparates ein vorher unsichtbarer Schleim sich befindet, welcher ebenfalls durch das Jod schön blau gefärbt wird, und zugleich coagulirt, so dass er schleimige Häute bildet, welche unter dem Mikroskope ungefähr wie sehr zarte Ulven aussehen. Der körnige Inhalt der Zellen färbt sich gelb. Die gelatinose Substanz, in welche die Zellen auf die Einwirkung von Kali oder Schwefelsäure sich verwandeln, färbt sich mit Jod ebenfalls schön blau.

Eine ähnliche Reaction, wie die Zellen von *Schotia*, zeigen auch die Zellen der Cotyledonen von *Tropaeolum majus, hybridum* und *minus* auf Jod, jedoch tritt hier die blaue Farbe nicht sogleich auf die Einwirkung des Jods hervor, sondern die Zellmembranen färben sich zuerst gelblich und es tritt erst nach einiger Zeit die blaue Farbe auf, welche sich anfänglich mit der gelben Farbe zu Grün mischt, allmählig aber in ein beinahe vollkommen reines Blau übergeht. Die primären Zellmembranen bleiben gelb gefärbt, dess-

halb ist auch in der Durchschnittsfläche zweier aneinander liegenden Zellen die Gränze von beiden durch einen gelben Strich bezeichnet[1]).

Hält man einen dünnen Abschnitt eines solchen Cotyledons nur ein paar Secunden lang in eine starke Lauge von kaustischem Kali, wascht ihn in Wasser aus und lässt nun Jod einwirken, so färben sich seine Zellen schön indigoblau, wobei nun auch die primäre Zellwandung eine blaue, wenn gleich hellere Farbe annimmt.

Die Zellen der Cotyledonen von *Schotia* und von *Tropaeolum* besitzen im trockenen Zustande eine hornartige Beschaffenheit und schwellen in Wasser stark auf; eine ähnliche Beschaffenheit besitzen bekanntlich auch die Zellen der Flechten. Theils dieser Umstand, theils die von Meyen gemachten Erfahrungen bestimmten mich, eine grössere Anzahl von Pflanzen aus dieser Familie mit Jod zu untersuchen; das Resultat entsprach meinen Erwartungen nicht besonders, insofern ich nur bei wenigen Arten die Zellmembran eine blaue Farbe annehmen sah. Die schönste blaue Farbe zeigte der Thallus von *Cetraria islandica,* weniger schön der von *C. aculeata, C. odontella*, nur das innere flockige Gewebe, aber nicht die äussere feste Schichte färbte sich blau bei *Rocella tinctoria* und *Evernia vulpina,* endlich nur Spuren einer blauen Färbung waren bei *Evernia ochroleuca* zu erhalten. Das Zellgewebe aller übrigen, von mir untersuchten Arten färbte sich dagegen mit Jod gelb oder braun.

Anders verhielt es sich dagegen mit der Lamina proligera der gymnocarpen und mit dem Nucleus der angiocarpen Flechten, indem Jod schnell sowohl in der Membran der Mutterzellen (asci), als in der dieselben verbindenden Intercellularsubstanz das schönste Indigoblau hervorrief. Da alle Arten, die ich in dieser Hinsicht untersuchte, hierin übereinstimmten, und somit diese Eigenschaft der Lamina proligera sehr allgemein zuzukommen scheint, so hielt ich es nicht für nöthig, meine Untersuchungen über eine grössere Anzahl von Species auszudehnen, doch mag es nicht überflüssig sein, die Arten zu nennen, an denen ich diese Erscheinung beobachtete, es sind: *Usnea florida, Ramalina fraxinea, Parmelia ciliaris, pulverulenta, tiliacea, saxatilis, olivacea, fahlunensis, stygia, conspersa, parietina, speciosa, Peltigera resupinata, canina, rufescens, Lecidea candida, vesicularis, Endocarpon miniatum, Pertusaria communis, Collema melaenum.*

Da in Beziehung auf ihre physische Beschaffenheit mit der Zellmembran der Flechten die der Algen eine grosse Aehnlichkeit zeigt, so untersuchte ich bei einer ziemlich grossen Anzahl von Arten die Reaction ihres Zellgewebes auf Jod, jedoch mit einem noch geringeren Erfolge als bei dem Thallus der Flechten, insoferne bei den meisten, z. B. bei allen Fucoideen das Jod die Zellen und die Intercellularsubstanz entweder gelb und braun oder auch gar nicht färbte. Eine Ausnahme hievon fand ich nur bei drei Arten, nämlich bei *Sphaerococcus ciliatus, Ulva Linza* und *U Lactuca,* bei welchen das Jod eine deutliche und zum Theil

1) Es versteht sich wohl von selbst, dass diese Beobachtungen unter dem Mikroskope angestellt werden müssen. Dasselbe gilt von allen im Folgenden angeführten Untersuchungen. Eine starke Vergrösserung hat man dabei nicht nöthig, desto mehr ist aber erforderlich, dass das Mikroskop lichtstark ist. Ich wendete meistens eine 90fache Vergrösserung an.

sehr schöne Indigofarbe erzeugte. Bei *Sphaerococcus ciliatus* färbte sich auch das Wasser in der Umgebung des Präparates blau.

Da eine ähnliche hornartige Beschaffenheit, wie sie bei den Zellen der Algen und Flechten vorkommt, auch bei den Zellen des Albumens vieler Pflanzen gefunden wird, so wendete ich auf dieses Organ meine Aufmerksamkeit und betrog mich auch in meiner Erwartung, hier ähnliche Erscheinungen zu finden, nicht. Ich hatte schon früher zu wiederholtenmalen das hornartige Albumen mancher Monocotylen, besonders von Palmen, mit Jod behandelt, ohne eine blaue Färbung in ihm hervorzubringen; der Grund hievon lag aber, wie ich nun erkannte, zum Theil darin, dass ich früher das Jod in zu schwachem Grade hatte einwirken lassen, indem ich die Methode befolgt hatte, das Jod in gepulvertem Zustande dem Wasser, in welchem ein Abschnitt des Albumens lag, zuzusetzen. Diesesmal wendete ich das Jod auf die Weise an, dass ich den Abschnitt des Albumens in einem Tropfen Wasser aufquellen liess, und nun ein Glasplättchen, auf welchem ich einen Tropfen einer sehr concentrirten Jodtinctur sich hatte ausbreiten lassen, auf den Wassertropfen legte. Bei der Vermischung beider Flüssigkeiten schlug sich ein Theil des Jods sogleich unter der Form von sehr feinen Crystallen nieder und die Einwirkung auf die Zellmembran erfolgte rasch und kräftig. Weniger passend erwies sich die Methode, zuerst das Präparat mit einer concentrirten Jodtinctur zu tränken und alsdann mit Wasser zu benetzen.

Da das hornartige Albumen bei den Monocotylen sehr verbreitet ist, so untersuchte ich zuerst Samen aus dieser Abtheilung des Pflanzenreichs. Die Resultate, die ich dabei erhielt, waren in mancher Hinsicht unerwartet, es mag daher nicht überflüssig sein, bei der Beschreibung derselben in ein etwas genaues Detail einzugehen.

Die Zellen des hornartigen Albumens besitzen in der Regel sehr dicke, mit ziemlich grossen Tüpfeln versehene Wandungen, welche meistens vollkommen ungefärbt sind und im Wasser ziemlich stark anschwellen. Wenn ein dünner Abschnitt eines solchen Albumens in Wasser aufgeweicht und auf die beschriebene Weise der Einwirkung des Jods ausgesetzt wird, so beginnt die Zellmembran nach wenigen Augenblicken sich zu färben. Es ist jedoch nicht leicht, von den Farbenveränderungen, welche hiebei eintreten, eine deutliche Beschreibung zu geben, indem nicht nur bei verschiedenen Pflanzen die Farbennuancen bedeutende Verschiedenheiten zeigen, sondern indem auch in den meisten Fällen das Jod nicht gleich anfangs dieselbe Farbe hervorruft, die es bei längerer Einwirkung erzeugt. Ausserdem zeigt sich ziemlich allgemein die merkwürdige Erscheinung, dass ein solches Präparat, wenn man die Flüssigkeit, in der es liegt, eintrocknen lässt, eine Farbe annimmt, welche gänzlich verschieden ist von der Farbe, welche es in der mit Wasser gemischten Jodtinctur angenommen hatte, und dass bei seinem Aufweichen in reinem Wasser wieder eine neue Farbe hervortritt. Rechnet man noch hinzu, dass die Farbennuancen wieder etwas abändern, je nachdem man dem Wasser mehr oder weniger Jodtinctur zumischte, so wird man einsehen, dass es beinahe unmöglich ist, eine genaue Beschreibung dieser Vorgänge zu geben, wenn man nicht in ein ermüdendes Detail eingehen will.

Im Allgemeinen gilt die Regel, dass das Jod in den Zellmembranen des hornartigen Albumens

zuerst eine gelbe Farbe hervorruft, welche sich bei kräftiger Einwirkung häufig ins Braune steigert. Ausserdem ruft aber das Jod bei längerer Einwirkung in den meisten Fällen auch eine blaue Farbe hervor. Diese zeigt jedoch nie die schöne Indigofarbe, wie z. B. in den Früchten der Flechten, sondern ist immer röthlich und kommt in allen Abstufungen, vom weinrothen bis zum veilchenblau vor, so dass sie alle Nuancen, welche die Joddämpfe bei verschiedener Dichtigkeit zeigen, durchlauft.

Es beruhen nun die hauptsächlichsten Verschiedenheiten der Färbung, welche ein solches Albumen annimmt, darauf, ob sich blos eine dieser Farben, d. h. blos gelb, oder blos blau, entwickelt, oder ob sich beide entwickeln, und in welchem Verhältnisse in diesem Falle beide zu einander stehen. Geht der Entwicklung der blauen Farbe eine starke Entwicklung einer gelbbraunen Farbe voraus und entwickelt sich die blaue Farbe schwach, so mischen sich beide zu einem schmutzigen Braunviolett, wobei in verschiedenen Abstufungen bald das Braun, bald das Violett vorherrscht, und wobei es nicht ganz selten ist, dass die Zellen, welche der Peripherie des Albumens näher liegen, ziemlich rein violett gefärbt sind, während die gegen das Centrum zu gelegenen mehr braun sind. Ueberwiegt bei längerer Einwirkung des Jods die blaue Färbung über die gelbbraune, so verschwindet diese allmählig und es tritt an ihrer Stelle eine violette Farbe auf, welche desto reiner und schöner ist, je schneller die gelbe Farbe verschwindet und die blaue erscheint. Endlich kann auch die gelbe Farbe so zurücktreten, dass gleich von Anfang an die violette Farbe auftritt. Im Allgemeinen gilt nun die Regel, dass die gelbe Farbe desto stärker hervortritt und die blaue Farbe desto weniger zur Ausbildung kommt oder auch ganz ausbleibt, je härter und spröder das Albumen ist, z. B. bei dem Albumen vieler Palmen, dass dagegen die blaue Farbe desto mehr sich entwickelt, je mehr das Albumen eine weiche, knorpelartige Consistenz zeigt; das letztere geht jedoch nur bis auf einen gewissen Grad, denn wenn die Zellen des Albumens dünnwandig sind und sich der Beschaffenheit der Zellen eines gewöhnlichen fleischigen und ölhaltigen Albumens annähern, so tritt ebenfalls keine blaue Färbung ein.

Lässt man die mit Wasser gemischte Jodtinctur, in welcher die Zellen liegen, von selbst verdunsten, so verliert sich die blaue Färbung immer, und es nimmt die Zellmembran eine mehr oder weniger tiefe braune Farbe an. Hiebei zeigt sich, dass die Farbe der trockenen Zellmembran desto heller und mehr gelb ist, je weniger sie vorher von der Jodtinctur blau gefärbt war, und dass sie desto brauner wird, je mehr sich die blaue Farbe entwickelt hatte, so dass die Farbe der trockenen Membran bis in das dunkelste Rothbraun steigt, wenn vorher die Zelle rein und lebhaft violett gefärbt war.

Lässt man die getrockneten Zellen wieder in reinem Wasser aufquellen, so tritt die blaue Farbe wieder aufs neue hervor, und zwar immer intensiver und reiner, als sie vor dem Trocknen gewesen war, während die gelbbraune Färbung meistens ganz verschwindet, oder wenigstens nur dann noch deutlich ist, wenn die Zellen vor dem Trocknen nur einen schwach violetten Anflug hatten. Desshalb ist ohne Ausnahme die aufgeweichte Zellmembran mehr violett als vor dem Eintrocknen und in vielen Fällen rein violett oder tief veilchenblau, wenn sie vor dem Eintrocknen ein schmutziges, bräunliches Violett gezeigt hatte.

Nach dieser allgemeinen Auseinandersetzung der Farbenänderungen, welche man an diesen Zellmembranen bemerkt, will ich es versuchen, die letzteren nach den Modificationen ihrer Färbung in bestimmte

Classen abzutheilen; wobei jedoch immer im Auge behalten werden muss, dass diese Classen nicht scharf getrennt sind, sondern mannigfache Uebergänge zeigen. Man kann jedoch etwa folgende vier Hauptmodificationen annehmen.

A. Albumenzellen, welche von verdünnter Jodtinctur gelb gefärbt werden, beim Trocknen gelbbraun werden und bei der Wiederbenetzung die frühere gelbe Farbe annehmen, kurz, welche sich ganz auf dieselbe Weise, wie die gewöhnliche Holzfaser verhalten. Dieses findet, so weit ich es untersuchte, bei dem Albumen aller Palmen statt, z. B. *Rhapis acaulis, Manicaria saccifera* u. s. w.

B. Albumenzellen auf die Einwirkung von Jod zuerst eine gelbe, später eine braune Farbe mit violetter Beimischung zeigend; eingetrocknet heller oder dunkler gelbbraun; wieder aufgeweicht violett mit bräunlicher Beimischung. *Iris pratensis, atomaria, Allium globosum, odorum, sibiricum, Asphodelus luteus, Anthericum ramosum, Czackia Liliastrum, Eucomis punctata.*

C. Albumenzellen auf die Einwirkung von Jod zuerst gelb, dann braun, zuletzt schmutzig violett; trocken rothbraun, benetzt dunkel violett, zum Theil ins tief Veilchenblaue übergehend. *Iris aurea, Asparagus dauricus, maritimus, Scilla peruviana, Hyacinthus romanus, amethystinus, Lilium bulbiferum, Tigridia Pavonia, Convallaria racemosa, Yucca gloriosa.*

D. Albumenzellen durch Jod schnell lebhaft violett gefärbt; trocken dunkel rothbraun, wieder aufgeweicht schön violett oder tief veilchenblau. *Ixia hyalina, squalida, Gladiolus tristis, Ruscus racemosus, Veltheimia viridifolia.*

Wenn die Tüpfel der Albumenzellen eine bedeutendere Grösse besitzen, wie bei *Ruscus racemosus*, so ist es nach der violetten Färbung durch Jod in hohem Grade auffallend, wie hell die Tüpfel im Verhältniss zu der Zellmembran gefärbt sind, so dass sie wirklichen Oeffnungen täuschend ähnlich sehen. Dessen unerachtet scheint es mir nicht, dass die primäre Zellmembran, welche die Tüpfelkanäle verschliesst, wirklich ungefärbt ist, sondern dass sie nur wegen ihrer geringen Dicke sehr schwach gefärbt erscheint. Einentheils scheint es nämlich doch, auch wenn man in senkrechter Richtung auf diese Membran herabsieht, dass sie eine sehr leichte Färbung besitzt, anderntheils erscheint die primäre Membran, wenn man die durchschnittenen Seitenwandungen betrachtet, wo also die primäre, die Tüpfel verschliessende Membran senkrecht steht und man durch dieselbe ihrer Breite nach durchsieht, lebhaft gefärbt, endlich sieht man auf dem Querschnitte der Zellwandungen an der Grenze zwischen zwei Zellen keinen ungefärbten Streifen verlaufen. Es mag jedoch immerhin der Fall sein, dass die primäre Zellmembran eine weniger intensive Farbe annimmt, als die secundären Schichten.

Von dicotylen, mit einem hornartigen Albumen versehenen Samen untersuchte ich nur wenige, da die Erscheinungen im Ganzen genommen dieselben wie bei den monocotylen Samen waren. Es unterschied sich jedoch bei denjenigen, bei welchen Jod eine blaue Färbung hervorbrachte, die Farbe insoferne, als die Zellen im Anfange eine mehr rein gelbe als bräunliche Färbung annahmen und später eine reiner blaue Farbe entwickelten, wesshalb sie auch im Uebergangszustande von einer dieser Farben zur andern eine ausgesprochen grüne Farbe zeigten. Beim Eintrocknen erhielt sich die blaue Farbe, die Zellmem-

branen wurden schwarzblau und sehr wenig durchsichtig, bei der Wiederbenetzung zum Theile schön indigoblau. Auf diese Weise verhielt sich das Albumen von *Cyclamen coum*, *neapolitanum*, *Primula inflata*, *Androsace septentrionalis*, *Ardisia crenulata*.

Das hornartige Albumen einiger andern Dicotylen, z. B. vom *Galium spurium*, *verrucosum*, *Coffea arabica*, *Strychnos nux vomica* färbte sich mit Jod gelb.

Kaustisches Kali wirkt auf diejenigen Albumenzellen, welche sich mit Jod blau färben, ausserordentlich heftig ein. Taucht man z. B. einen dünnen Abschnitt der Albumens von *Cyclamen neapolitanum* oder *Ardisia crenulata* nur 2—3 Secunden lang in eine starke Kalilauge, wascht ihn sogleich wieder in reinem Wasser aus und bringt ihn in einen mit Jodtinctur gemischten Wassertropfen, so sieht man die Zellen in verschiedenem Grade aufgelockert. Diejenigen, auf welche das Kali am schwächsten einwirkte, haben bedeutend dickere Wandungen bekommen, wobei man deutlich sieht, dass die äusseren Schichten einer jeden Zelle sich zuerst zu einer gallertartigen Masse auflockern; die am Rande des Abschnittes gelegenen Zellen sind völlig in eine im Wasser auflösliche Gallerte umgeändert. Sowohl diese aufgelöste Substanz, als die aufgelockerten Zellmembranen selbst färbt Jod schön blau.

Bei dem harten, spröden Albumen der Palmen, welches durch Jod gelb gefärbt wird, ist ein blosses Eintauchen in Kalilauge nicht hinreichend, um dasselbe zur Auflockerung und zur Fähigkeit, sich mit Jod blau zu färben, zu bringen, sondern es ist hiezu ein starkes, bis zur anfangenden Eintrocknung der Kalilauge fortgesetztes Kochen nothwendig, gerade wie bei den Zellen der Hölzer.

Auf ähnliche Weise wie die weicheren Albumenzellen, wirkt ein nur wenige Secunden lang dauerndes Eintauchen in kaustische Kalilösung auch auf manche andere Zellen von gallertartiger Beschaffenheit, die sich mit Jod gelb färben, auflockernd und ertheilt ihnen die Eigenschaft, sich mit Jod blau zu färben, z. B. auf die Zellen der Cotyledonen von *Lupinus pilosus*, welche durchaus die Structur der Zellen von *Schotia* besitzen, sich aber im unveränderten Zustande nicht blau färben, ferner auf die gallertartigen Zellen, welche unter der Epidermis vieler Stämme, z. B. bei *Rheum*, *Spinacia*, bei den Labiaten u. s. w. in Form von bastähnlichen Strängen verlaufen und deren gallertartige Beschaffenheit ich früher der Anwesenheit einer reichlichen Intercellularsubstanz zugeschrieben hatte.

Fassen wir die Resultate der bisherigen Untersuchungen zusammen, so erhellt, dass bei einer grossen Anzahl von Pflanzen Zellen vorkommen, deren Membranen im trockenen Zustande eine hornartige oder knorpelartige Consistenz besitzen, bei Befeuchtung mit Wasser weit stärker, als die Membranen des gewöhnlichen Zellgewebes anschwellen, dabei eine mehr oder weniger gelatinose Weichheit annehmen und, wenn sie nun mit Jod in Berührung kommen, sich entweder sogleich violett oder blau färben, oder zuerst gelb und später erst violett oder blau werden.

Hiebei entsteht nun die Frage, ist diese blaue Färbung durch Jod eine charakteristische Eigenschaft der Substanz jener gelatinosen Zellen, weist sie mit Sicherheit darauf hin, dass sich diese Substanz wesentlich von der Holzfaser der übrigen Pflanzenzellen, die sich mit Jod gelb färben, unterscheidet und beweist sie in diesem Falle, dass die Substanz dieser Zellen mit dem Amylum identisch ist?

Die Beantwortung dieser Fragen gehört zwar grossentheils in das Gebiet des Chemikers und nicht des Botanikers, ich mase mir daher auch nicht an, dieselben in jeder Hinsicht genügend zu lösen, es mag mir jedoch erlaubt sein, von meinem Standpunkte aus einen Versuch ihrer Beantwortung zu machen.

Schon die im Bisherigen angeführten Thatsachen machen es höchst zweifelhaft, dass die blaue Färbung, welche die angeführten Zellen mit Jod annehmen, als eine charakteristische Eigenschaft derselben und als ein Beweis, dass ihre Substanz von der gewöhnlichen Zellmembran wesentlich verschieden sei, betrachtet werden dürfe, insoferne sich nämlich die Färbung, welche diese Zellen durch die Einwirkung von Jod erleiden, nach vielen, offenbar höchst geringfügigen Umständen ändert. Einmal nämlich kommt es vor, dass die Zellen der einen Pflanze mit Jod eine schöne blaue Farbe annehmen, während die einer verwandten Pflanze keine Spur derselben zeigen, sondern sich gelb färben, so fand ich z. B. nur bei *Cetraria islandica, aculeata* und *odontella,* bei *Evernia vulpina* und *ochroleuca* eine blaue Farbe, bei den andern Arten dieser Gattungen nicht, so trat die blaue Farbe unter vielen Arten von *Sphaerococcus,* die ich untersuchte, nur bei *S. ciliatus,* unter verschiedenen *Ulven* nur bei *U. Linza* und *Lactuca* ein. Ferner geschieht es häufig, dass nicht alle Zellen desselben Organes sich mit Jod gleichförmig färben, so zeigte sich z. B. beim Thallus von *Sphaerococcus ciliatus, Cetraria odontella, Evernia vulpina, Roccella tinctoria,* die äussere feste Schichte nicht blau, sondern gelbbraun, so ist es bei dem hornartigen Albumen der Monocotylen nicht selten, dass die äusseren Zellen eine schöner blaue Farbe annehmen, als die tiefer gelegenen. In diesen Fällen wird es aber wohl Niemand für wahrscheinlich halten, dass die Zellen der verschiedenen Schichten desselben Organes, oder die Zellen verschiedener, mit einander aufs nächste verwandten Arten aus verschiedenen chemischen Substanzen gebildet sind.

Vergleichen wir ferner diejenigen Zellen, welche sich mit Jod blau färben, und diejenigen, welche mit Jod eine gelbe Farbe annehmen, so zeigt sich im Allgemeinen, dass die letzteren im Wasser weniger stark aufschwellen und härter bleiben, meistens auch schon im trockenen Zustande härter und spröder als die ersteren sind Wenn dieser Unterschied auch nicht in allen Fällen so scharf ausgesprochen ist, dass man aus der physischen Beschaffenheit der Zellmembran in jedem einzelnen Falle einen Schluss auf die Färbung, die sie mit Jod annimmt, machen kann, so ist es doch in vielen Fällen sehr deutlich. Dieser Umstand kann es uns wahrscheinlich machen, dass die Farbe, welche das Jod in der Zellmembran hervorruft, von dem Aggregationszustande der Substanz der letzteren abhängig ist, dass der Zustand einer stärkeren Aggregation eine gelbe Färbung hervorruft, dass dagegen die blaue Färbung desto mehr hervortritt, je mehr die Zellmembran sich in einem aufgelockerten Zustande befindet und je mehr sie in Wasser dem Zustande einer Auflösung, die in einzelnen Fällen wirklich eintritt, sich nähert. Dieselbe Verschiedenheit zwischen gelber und blauer Färbung tritt, wie wir gesehen haben, in vielen Fällen in jedem einzelnen Versuche ein. Die erste Portion von Jod, welche sich mit der Membran vereinigt, färbt dieselbe gelb, bei längerer Einwirkung und damit verbundener stärkerer Aufnahme von Jod durch die Zellmembran tritt dagegen die blaue Färbung ein. Wir dürfen hieraus den Schluss ableiten, dass die festeren Zellen weniger geneigt sind, sich mit Jod zu verbinden und eine geringere Menge desselben aufnehmen, als die weicheren Zellen und dass hiernach die Farbe sich richtet.

Da nun die Veränderung, welche die Zellmembranen durch kaustisches Kali erleiden, mit einer bedeutenden Auflockerung verbunden ist, so ist es recht wohl möglich, dass diese Membranen in Folge dieser Veränderung geneigter werden, eine grössere Menge von Jod aufzunehmen und sich desshalb blau färben, dass aber diese blaue Farbe nicht als ein Beweis von einer Umwandlung der Holzfaser in Amylum betrachtet werden dürfe.

Was mich nun wirklich bestimmt, die gelbe Farbe von der Aufnahme einer geringeren Menge von Jod und die blaue Farbe von der Aufnahme einer grösseren Menge desselben abzuleiten, ist hauptsächlich der Umstand, welchen ich erst, nachdem das Vorhergehende längst niedergeschrieben war, entdeckte, dass man auch solche Zellen, welche sich in wässeriger Jodtinctur gelb färben, durch Jod schön blau färben kann, ohne sie vorher chemisch zu verändern, wenn man nur das Jod kräftig genug auf sie einwirken lässt. Ich erreichte diesen Zweck zuerst auf die Weise, dass ich einen dünnen Abschnitt eines Pflanzengewebes in einem verschlossenen Gefässe längere Zeit hindurch (etwa 14 Tage lang), bei gewöhnlicher Temperatur den Dämpfen von Jod, welches in das Gefäss mit eingeschlossen war, aussetzte. Es färbt sich die Pflanzenmembran unter diesen Umständen zuerst gelb, dann braun, endlich braunroth, beinahe schwarz, in einigen Fällen, z. B. wenn Baumwolle dem Joddampfe ausgesetzt wird, nimmt die Farbe deutlich einen violetten Ton an. Bei Benetzung mit Wasser treten nun Farbenveränderungen ein, welche die grösste Aehnlichkeit mit den oben von den gelatinosen Zellen beschriebenen haben. Entweder tritt nämlich sogleich eine schöne Indigofarbe ein, z. B. bei den Fasern von Papier, welches auf diese Weise behandelt wurde[1]), oder es behält die Zellmembran bei der Benetzung ihre braune Farbe bei, zeigt aber nach der Austrocknung eine violette Färbung, die sich bei einer Benetzung in Blau verwandelt, wie ich dieses bei Hollundermark fand. Dass nun diese blaue Färbung nicht einer chemischen Umwandlung zuzuschreiben ist, welche die Zellmembran in Folge der langen Einwirkung der Joddämpfe erlitten hat, sondern dass sie einzig und allein der reichlichen Aufnahme von Jod zuzuschreiben ist, wird dadurch bewiesen, dass solche von Jod durchdrungene Zellmembranen, wenn man sie einige Tage lang der Luft aussetzt, ihr Jod wieder verflüchtigen lassen, dadurch wieder weiss werden und nun wieder wie früher bei Benetzung mit wässeriger Jodtinctur eine gelbe Farbe annehmen, ohne die mindeste blaue Farbe zu entwickeln.

Später fand ich, dass sich die Zellmembran in kürzerer Zeit, als durch Anwendung von Joddämpfen, durch Jodtinctur blau färben lässt, auch ist diese Methode der ersteren weit vorzuziehen, nicht bloss, weil sie weit schneller zum Ziele führt, sondern weil die erstere sich in vielen Fällen als unwirksam erweist, in welchen die Einwirkung der Jodtinctur eine schöne Indigofarbe erzeugt.

Um diese Wirkung der Jodtinctur hervorzubringen, ist nichts weiter nöthig, als dass man dem Wasser, in welchem ein dünner Abschnitt einer Pflanze liegt, eine reichliche Menge einer mit Jod gesättigten Jodtinctur zumischt, ein Glasplättchen darüber legt und die Flüssigkeit allmählig in der gewöhnlichen Zimmer-

1) Es ist wohl nicht nöthig zu bemerken, dass ich mich vor dem Versuche davon überzeugt hatte, dass das Papier nicht mit Amylum geleimt war.

temperatur verdunsten lässt, wohl auch dieses Verfahren zum zweitenmale wiederholt. Es treten nun ganz analoge Farbenveränderungen ein, wie diejenigen, welche man schon auf eine schwache Einwirkung des Jods an den Zellen des hornartigen Albumens der Monocotylen bemerkt.

Zuerst nehmen nämlich die Zellmembranen eine gelbe Farbe an, welche in ein mehr oder weniger tiefes Braun übergeht. Diese letztere Farbe erhält sich bei allen Zellen, welche nur schwer eine blaue Farbe annehmen, bis zum Trockenwerden des Präparates; bei andern tritt dagegen auch schon vorher eine mehr oder weniger deutliche violette Färbung hervor, welche aber in vielen Fällen sehr schwach und wegen der rothbraunen Farbe der Jodtinctur nur durch ein in diesen Untersuchungen geübtes Auge zu erkennen ist. Diese Entwicklung der violetten Farbe kommt meistens nur bei Bastzellen, aber nicht leicht bei Parenchymzellen, und so viel ich bis jetzt sah, nie bei Holzzellen oder Gefässen vor, folglich nur bei solchen Zellmembranen, welche sich durch Weichheit, Biegsamkeit und Zähigkeit auszeichnen.

Lässt man die auf die angegebene Weise mit Jod behandelten Bastfasern trocknen, so wird ihre Farbe rothbraun; benetzt man sie nun mit Wasser, so geht ihre Farbe in ein mehr oder weniger reines Violett oder Blau über. Vollkommen rein ist dagegen diese violette oder blaue Farbe selten und jedenfalls nur dann, wenn man eine reichliche Menge von Jodtinctur angewendet hatte; war dieses nicht der Fall, so zeigen die Zellen nach dem Aufweichen eine gelbe Farbe. Es verhalten sich jedoch hierin die verschiedenen Zellen desselben Bastbündels nicht immer gleich, insofern die eine gelb ist, während eine andere violett, eine andere blau sein kann. Dass unter diesen Umständen Uebergangsfarben und schmutzige Farbentöne häufig sind, versteht sich von selbst.

Auf die Entwicklung einer mehr oder weniger reinen blauen Farbe scheint jedoch nicht blos die weichere oder festere Textur der Zellmembran von Einfluss zu sein, sondern es scheinen auch rein mechanische Verhältnisse in manchen Fällen einzuwirken. Ich beobachtete nämlich, dass bei Hanffasern, welche ich auf die angegebene Weise behandelte, hauptsächlich die mit der Scheere abgeschnittenen und dadurch etwas gequetschten Enden violett und blau gefärbt waren, während die unverletzten Mittelstücke eine gelbe oder gelbbraune Farbe hatten. Ich zerdrückte nun befeuchtete Hanffasern zwischen Glasplatten und behandelte sie auf die angegebene Weise mit Jod, worauf sich zeigte, dass in der Regel die zerquetschten sich violett oder blau, die nicht zerquetschten gelbbraun färbten. Offenbar begünstigte das Zermalmen der Fasern das Eindringen des Jods in das Gewebe der Zellmembran.

Auf die angegebene Weise verhielt sich der Bast von *Linum usitatissimum* und *perenne, Cannabis, Hoya carnosa, Acacia lophanta, Urtica dioica, Morus Morettiana* und *Daphne Mezereum*; der letztere war jedoch sehr schwer zur Entwicklung einer blauen Farbe zu bringen, und beim Baste der Linde gelang mir dieses gar nicht. Auf gleiche Weise, wie der Bast, verhält sich die Baumwolle.

In weit vollkommenerem Grade als der Bast, lässt sich die Membran der dünnwandigen Parenchymzellen blau färben, indem sich hier die Farbe meistens bis zum schönsten Indigoblau steigern lässt. Es scheint diese Eigenschaft sämmtlichen dünnwandigen Parenchymzellen zuzukommen, wenigstens zeigte sich diese Erscheinung ganz übereinstimmend bei folgenden Pflanzen, die ich in dieser Hinsicht prüfte, ohne

dass ich einen bestimmten Grund hatte, grade sie und nicht andere Pflanzen zu wählen, nämlich bei dem Rindenparenchyme von *Tilia parvifolia*, *Daphne Mezereum*, *Hibiscus palustris*, *Hoya carnosa*, *Sambucus nigra*, und bei dem Marke von *Begonia semperflorens*, *Kleinia neriifolia*, *Corydalis lutea*, *Oxalis crassicaulis*, bei dem Parenchym des Scapus von *Narcissus incomparabilis*, *Lilium Martogon*, *Tulipa Gesneriana*, *Fritillaria imperialis*, des Blüthenstieles von *Nymphaea alba*, des Blattes oder Blattstieles von *Sanseviera zeylanica*, *Calla aethiopica*, *Strelitzia Reginae*, *Camellia japonica*, *Sempervivum barbatum*, *Mesembryanthemum spectabile*, *Eryngium alpinum*, *Onoclea sensibilis*, bei der Epidermis des Blattes von *Sempervivum barbatum*, *Oxalis crassicaulis*. Das Parenchym dieser Pflanzen färbte sich mit Jodtinctur braun, wurde beim Austrocknen mehr oder weniger dunkelbraun, zuweilen mit einem schwachen Stich ins Violette (dem blossen Auge erschien es vollkommen schwarz), beim Wiederbenetzen mit Wasser zum Theil hellblau, meistens aber sehr schön indigoblau. Lässt man diese blaugefärbten Membranen wieder trocken werden, so ändert sich ihre Farbe in violett um, welches sich bei neuer Benetzung sogleich wieder in reines Blau verwandelt; kurz, sie verhalten sich in dieser Beziehung ganz wie durch Jod gefärbte Amylumkörner. Auffallend ist es, dass die weissen Blumenblätter von einigen Pflanzen, die ich mit Jod behandelte, sich weit schwieriger blau färben liessen, als die Parenchymzellen der Vegetationsorgane; sie wurden nämlich auf die erste Behandlung mit Jod braun und nahmen, nachdem sie getrocknet waren, und mit Wasser benezt wurden, eine gelbe Farbe an, und sie mussten zweimal mit Jod behandelt werden, ehe sie eine mehr oder weniger tiefe Indigofarbe annahmen. So verhielt es sich wenigstens mit den Blumenblättern von *Saxifraga granulata*, *Crataegus Oxyacantha*, *Entelea arborescens*, *Nymphaea alba*.

Schwieriger als die Parenchymzellen der Rinde, der Blätter und vegetirenden Stämme sind die bereits abgestorbenen Markzellen, z. B. von *Sambucus nigra*, *Aralia spinosa* blau zu färben, indem häufig bei ihnen die gelbe Farbe nicht vollkommen verschwindet und daher die blaue Farbe einen schmutzig grünen Ton besitzt; es steigert sich jedoch bei gehöriger Einwirkung des Jods die Farbe ebenfalls in reines Blau.

Noch schwieriger ist die blaue Farbe bei altem Holze hervorzurufen, indem in den meisten Fällen nur bei wiederholter Einwirkung von Jod eine bläuliche Färbung entsteht, welche sich mit der gelben Farbe zu grün mischt, z. B. beim Tannenholze, beim Holze von *Sambucus*, *Aralia spinosa*, bei den Fasern von *Phormium tenax*. In den jüngeren saftigen Pflanzentheilen färben sich dagegen die Holzzellen und Gefässe schön blau.

Dass in allen diesen Fällen keine chemische Umwandlung mit der Zellmembran vorgegangen ist, dass etwa nicht durch die Einwirkung des Jods auf die Zellmembran Amylum entstanden und dieses blau gefärbt wurde, erhellt daraus, dass solchen blauen Zellmembranen theils schon durch längere Aussetzung an die Luft, besonders aber durch Einwirkung von Alcohol das Jod, welches sie aufgenommen haben, entzogen werden kann. Sie werden hiedurch in ihren früheren Zustand zurückgeführt, und färben sich nun mit einer geringen Menge von Jod nur gelb, aber nicht blau.

Aus sämmtlichen, im Bisherigen erzählten Beobachtungen lassen sich folgende Sätze ableiten:

1) Das Jod ertheilt der vegetabilischen Zellmembran je nach der Menge, in welcher es von derselben aufgenommen wird, sehr verschiedene Farben; eine geringe Menge von Jod erzeugt eine gelbe oder braune, eine grössere Menge eine violette, und eine noch bedeutendere Menge eine blaue Farbe.

Die gelbe oder braune Farbe kann das Jod der trockenen Zellmembran ertheilen, wenn es in Alcohol aufgelöst, oder in Form von Dampf mit ihr in Berührung kommt, die violette oder blaue Farbe tritt dagegen nur dann ein, wenn die Zellmembran von Wasser durchdrungen ist. Die blaue Farbe verwandelt sich beim Austrocknen der Membran in die violette oder rothbraune, kehrt jedoch bei einer Benetzung zurück, analoge Farbenänderungen treten bekanntlich auch bei der Jodstärke ein, je nachdem dieselbe trocken oder von Wasser benetzt ist.

2) Die Farbe, welche die Zellmembran mit Jod annimmt, hängt nicht blos von der Menge von Jod, welche man auf die Membran einwirken lässt, sondern auch von der Beschaffenheit der Membran selbst ab. Die weicheren und zäheren, in Wasser stärker anschwellenden Membranen färben sich, auch wenn nur eine geringe Menge von Jod auf sie einwirkt, entweder sogleich violett oder blau, oder es geht die gelbe Farbe, welche sie anfangs annehmen, noch vor dem Austrocknen der Flüssigkeit, oder wenigstens nach dem Austrocknen und bei neuer Benetzung in violett oder blau über. Die härteren, spröderen und in Wasser weniger aufquellenden Membranen färben sich dagegen mit Jod gelb oder braun, und zeigen nach dem Austrocknen und Wiederaufweichnen nur dann eine blaue Farbe, wenn eine grosse Menge von Jod auf sie eingewirkt hatte.

3) Diese Entwicklung einer blauen Farbe kommt der Zellmembran an und für sich zu, und beruht blos auf der Aufnahme einer gehörig grossen Menge von Jod.

Ob nun die Färbung der Zellmembran durch Jod einer blosen Zwischenlagerung der Molecüle des Jods zwischen die Partikeln der Zellmembran zuzuschreiben sei, oder ob das Jod und die Holzfaser bestimmte chemische Verbindungen eingehen, ob deren vielleicht zwei, eine gelbe und eine blaue existiren, dieses sind Fragen, deren Beantwortung dem Chemiker und nicht dem Botaniker zusteht.

Anmerk. Die Erwartung, dass durch die Untersuchungen der Chemiker die oben aufgeworfenen Fragen eine Lösung finden werden, ist theilweise und früher, als ich hoffen konnte, durch die Entdeckungen Payen's (mém. s. l. développements d. végétaux) in Erfüllung gegangen. Wenn auch gleich von einer definitiven Lösung vieler sich hier aufdrängender Fragen noch lange nicht die Rede ist, so scheinen doch zwei der wichtigsten Punkte ausgemittelt zu sein. Der eine betrifft die Thatsache, dass nur stickstoffhaltige vegetabilische Verbindungen von Jod gelb gefärbt werden[1]). Aus diesem Umstande wird es erklärlich, wie eine Pflanzenmembran (namentlich die Membran älterer Zellen und Gefässe) auf die Einwirkung von Jod zuerst eine gelbe und später, wenn die Färbung des Membranenstoffes hinzutritt, eine durch grün in blau übergehende Farbe zeigen kann, während andere (namentlich jüngere) Membranen beim Mangel an stickstoffhaltigen Bestandtheilen sogleich schön blau werden und endlich die an stickstoffhaltigen Verbindungen sehr reichen Gebilde, wie die Cuticula, blos eine tief braune Färbung annehmen.

[1]) Mulder giebt vom Inulin an, dass dasselbe von Jod gelb gefärbt werde, ich finde dieses nicht bestätigt. Wenn man zu einer durch Kochen bereiteten wässerigen Auflösung von Inulin etwas Jodtinctur zusetzt, so scheidet sich das Inulin beim Erkalten der gelben Flüssigkeit mit vollkommen weisser Farbe aus.

Der zweite Punkt betrifft die wichtige Entdeckung Payen's, nach welcher die grossen Verschiedenheiten, die wir an den Zellmembranen verschiedener Pflanzen und verschiedener Altersperioden desselben Organes finden, grösstentheils nicht auf Verschiedenheiten des Membranenstoffs, sondern auf Einlagerung von andern organischen Substanzen beruhen, welche eine von der reinen Zellmembran abweichende chemische Zusammensetzung besitzen. Nach diesen Untersuchungen ist es möglich, durch Behandlung der Membranen mittelst Säuren, Alcalien, Alcohol u. s. w. diese Einlagerungen, welche Payen mit dem nicht ganz passenden Ausdrucke der incrustirenden Substanzen bezeichnet, zu entfernen, worauf die gereinigte Zellmembran mit denselben Charakteren erscheint, welche der jugendlichen, noch nicht incrustirten Membran zukommen. Als eine charakteristische Eigenschaft dieser reinen Zellmembran, der *Cellulose*, betrachtet Payen die blaue Farbe, welche dieselbe, wenn sie vorher mit Jod getränkt wurde, auf die Einwirkung von Schwefelsäure zeigt. Aus der Elementaranalyse zog Payen den Schluss, dass die Cellulose aller Pflanzen vollkommen gleiche Zusammensetzung besitzt und mit Amylum, Inulin und Dextrin isomer ist. Die Verschiedenheiten der Zellmembranen leitete Payen noch ausser den Incrustationen von verschiedenen Aggregationszuständen der Cellulose selbst ab, so nimmt er an, es seien die Verschiedenheiten des Holzes der Eiche von dem der Acacie darin begründet, dass im ersteren die Cellulose schwächer aggregirt und von einer grösseren Menge incrustirender Substanzen durchdrungen sei, als im letzteren. Nur in Beziehung auf die Zellmembran einiger Flechten, namentlich von *Cetraria islandica* scheint Payen eine wesentliche Modification des Membranenstoffs anzunehmen, indem dieselbe durch die blaue Färbung, die er von Jod annehme, durch sein Verhalten zu kochendem Wasser die völlige Uebereinstimmung mit Amylum zeige.

Unstreitig gehört diese Entdeckung Payen's von der übereinstimmenden Zusammensetzung der Membranen aller Zellen zu den schönsten Bereicherungen, welche die Kenntniss von den chemischen Verhältnissen der Pflanze in den neueren Zeiten gewonnen hat. Mit dieser Thatsache ist hingegen die Frage noch nicht erledigt, ob der Membranenstoff aller Zellen so ähnlich ist, dass wir in ihm eine und dieselbe chemische Grundlage, die Cellulose zu erkennen haben, und ob die Modificationen, welche die Zellen in Hinsicht auf physische und chemische Eigenschaften ihrer Membran zeigen, als das Resultat kleiner Abänderungen dieser Verbindung in Beziehung auf Aggregationszustand anzusehen sind, oder ob diese Modificationen so bedeutend sind, dass es passend erscheint, sie als verschiedene chemische Verbindungen anzusprechen. Diese letztere Ansicht wurde von Schleiden (Flora. 1842. II. 237.) geltend gemacht. Er geht hiebei von der Meinung aus, dass die neutralen vegetabilischen Verbindungen in einer sehr grossen Reihe von Modificationen, die zwischen dem Zucker und der Holzfaser in der Mitte liegen, vorkommen, dass die Chemie bei der Unterscheidung von Zucker, Gummi, Inulin, Stärkmehl u. s. w. nur zufälligerweise einzelne dieser Modificationen herausgegriffen habe, dass aber eine Menge von Zellmembranen existiren, welche ganz andere Eigenschaften besitzen, als die von den Chemikern unterschiedenen Stoffe. Schleiden hebt in dieser Beziehung namentlich hervor, dass viele jugendliche Zellen, die Zellen der Fucoideen u. s. w. aus einem im Wasser stark aufquellenden, in kochendem Wasser sich auflösenden, mit Jod sich nicht färbenden Stoffe, den er Gallerte nennt, bestehen, dass die Zellen des Albumens und der Cotyledonen mancher Leguminosen, z. B. von *Schotia*, aus einem zwischen Amylum und Holzfaser in der Mitte stehenden Stoffe, den er Amyloid nennt, gebildet seien, dass sich die Substanz mancher Flechten vom Stärkmehl nicht unterscheide. Diese Thatsachen sind unstreitig richtig, ob sie aber zu den von Schleiden aus denselben abgeleiteten Folgerungen berechtigen, muss ich, wenigstens für jetzt, bezweifeln. Wir haben allen Grund, anzunehmen, dass wir bei anatomischen Untersuchungen den Stoff, welcher die Membran der vegetabilischen Elementarorgane bildet, niemals in reinem Zustande vor uns haben, es sind immer unorganische Substanzen in die Membranen aufgenommen, denn nach dem Verbrennen hinterlassen dieselben ein sogenanntes Skelett. Diese eingelagerten Substanzen sind nicht blos bei verschiedenen Pflanzen verschieden, sondern sie wechseln auch in demselben Organe mit seinem Alter, indem in der Jugend mehr alcalische, im Alter mehr Erdsalze und Metalloxyde in denselben vorkommen. Dass solche erdige Einlagerungen in einzelnen Fällen, in welchen sie in grösserer Menge vorkommen, die Charaktere der Membranen wesentlich modificiren, denselben z. B. grosse Härte, Brüchigkeit, Resistenz gegen die Einwirkung des Wassers ertheilen, wissen wir bestimmt, wir kennen aber den Umfang des von solchen Einlagerungen auf die Beschaffenheit der Membranen ausgeübten Einflusses noch nicht entfernt, wir können daher auch noch nicht beurtheilen, ob demselben nicht ein grosser Theil der Verschiedenheiten, die wir an den Zellmembranen beobachten, zuzuschreiben ist. Dass Einlagerungen von organischen Substanzen,

welche der Zellmembran wieder entzogen werden können, beim grössten Theile, vielleicht bei allen älteren Elementarorganen vorkommen, dass diese Substanzen ebenfalls die Beschaffenheit der Membranen aufs wesentlichste ändern, geht aus PAYEN's und MULDER's Untersuchungen hervor. Wie gross der Einfluss auf die Verschiedenheiten der Zellmembranen ist, davon sind wir ebenfalls nur höchst unvollkommen unterrichtet. Wir sehen aber an den Veränderungen, welche einzelne Membranen mit dem höheren Alter erreichen, z. B. an dem Umstande, dass die primäre Membran vieler Holzzellen, die braunen Zellen in der Umgebung der Gefässbündel der Farne für die Schwefelsäure beinahe unangreifbar werden, dass dieser Einfluss ein höchst bedeutender sein kann, es wäre also recht wohl möglich, dass ein grosser Theil der physikalischen und chemischen Verschiedenheiten der Zellmembranen auf diesem Einflusse beruht. Wir wissen dieses zwar nicht, so lange wir es aber nicht wissen, dürfen wir auch nicht den Grund dieser Verschiedenheiten ohne weiteres in verschiedener chemischer Natur der Grundlage jener Membranen suchen. Wir wissen ferner von den verschiedenen Aggregationszuständen des vegetabilischen Membranenstoffs nichts, möglicherweise sind dieselben, wie beim verwandten Amylum ausserordentlich verschieden. Wenn wir sehen, dass Amylum in Berührung mit Chlorcalcium in Wasser zu einer gallertartigen Masse anschwillt, wie leicht kann der Membranenstoff durch Einlagerung von verschiedenen Salzen u. s. w. grosse Veränderungen erleiden. Das alles sind freilich nur Möglichkeiten, die für jetzt, nachdem PAYENS Untersuchungen in der Erforschung dieser Verhältnisse kaum erst die Bahn gebrochen haben, weder erwiesen, noch widerlegt werden können. Die Ausmittlung des wahren Sachverhältnisses können wir nur von den Chemikern erhalten, ich halte es daher allerdings für gerathener, dass die Botaniker warten, bis die Chemiker diese Untersuchungen anstellen, als dass sie in der Ueberzeugung, dass die Chemiker mit diesen Stoffen doch nichts ordentliches anzufangen wissen, mit SCHLEIDEN in das Gebiet der letzteren übergreifen und auf ihre unvollkommenen Untersuchungen hin, neue chemische Verbindungen aufstellen, die in Gefahr sind, auf die erste Untersuchung eines Chemikers hin wieder ausgestrichen zu werden.

XXVI.

Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls.

(Dissertation vom Jahr 1837.)

Dass die grüne Farbe der Pflanzen von kleinen, grünen Körnern herrührt, welche in dem ungefärbten Zellsafte schwimmen und mit dem Ausdrucke Chlorophyll bezeichnet werden, hierüber stimmen die Aussagen aller Phytotomen überein. Ob jedoch das Chlorophyll immer die Form von Körnern besitze, oder ob es auch in Gestalt einer formlosen Gallerte vorkomme, ob die Körner dicht seien, oder ob sie hohle Blasen bilden, ob auch die übrigen Pflanzenfarben von demselben, nur etwas modificirten Stoffe abzuleiten seien oder auf der Anwesenheit besonderer Farbstoffe beruhen, über diese Punkte stimmen die Ansichten der Pflanzenphysiologen nicht überein. Eine genaue Untersuchung der anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls, welches in Beziehung auf die Processe der Respiration und der Ernährung eine so wichtige Rolle im Pflanzenleben spielt, ist daher Bedürfniss; hauptsächlich wurde ich aber zu neuer Untersuchung desselben durch den Umstand bewogen, dass ich schon seit mehreren Jahren, in Folge einiger über diesen Punkt angestellter Beobachtungen, die Ueberzeugung gewonnen hatte, dass die Bildung der Chlorophyllkörner in einem genauen Zusammenhange mit den Amylumkörnern stehe.

Ehe ich die Beobachtungen, welche für diesen Umstand sprechen, genauer angebe, will ich vorerst eine Uebersicht über die wichtigeren Resultate, welche bisher aus den Untersuchungen des Chlorophylls gezogen wurden, geben, in der Hoffnung, es werde dieselbe die Darstellung meiner Untersuchungen in manchen Punkten erleichtern und abkürzen.

Die früheren Pflanzenphysiologen hatten dem Chlorophyll nur eine geringe Aufmerksamkeit gewidmet und verglichen dasselbe mit dem Amylum, von welchem sie es unter dem Ausdrucke der Faeculae virides unterschieden.

Selbst noch Sprengel[1]) und Treviranus[2]) scheinen in ihren früheren Schriften die Chlorophyllkörner

1) Anleitung zur Kenntniss der Gewächse. 1802. Tom. I. p. 99. u. a. O.

2) Vom inwendigen Bau der Gewächse. 1806. p. 6.

von den Stärkmehlkörnern blos durch ihre Farbe unterschieden zu haben, nennen dieselben Bläschen oder Körnchen, und glauben, es entwickeln sich aus ihnen die neuen Zellen.

Wahlenberg[1]) äussert über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls eine abweichende Meinung, indem er angiebt, es sei dasselbe in der lebenden Pflanze in Form einer grünen, klebrigen Flüssigkeit (*glutinosum viride*) enthalten, und gerinne erst zu Kügelchen, wenn es aus der Pflanze ausgezogen sei, bei der einen Pflanzenart früher, bei der andern später.

Link[2]) unterscheidet das Chlorophyll durchaus von dem Amylum, und lehrt es hauptsächlich von chemischer Seite kennen; er nennt dasselbe harzigen Farbestoff. Es liegt dasselbe nach seiner Angabe in den Zellen bald als eine schmierige, körnige Masse, bald in der Form von Bläschen oder auch als ein dichter Ueberzug der Zellwandung.

Moldenhawer[3]) bezeichnet die Chlorophyllkörner mit dem Ausdrucke der Saftkügelchen, und leitet sie von einer Gerinnung des grünen Zellsaftes ab; er scheint ihnen folglich keine besondere Organisation zuzuschreiben.

Kieser[4]) folgt in seiner Darstellung des Chlorophylls den Angaben von Link, so weit es sich von seinen chemischen Eigenschaften handelt; in anatomischer Hinsicht beschreibt er dasselbe, als aus Körnern bestehend, welche kleiner und regelmässiger, als die Amylumkörner seien. In seinem späteren Werke[5]) beschreibt er das Chlorophyll als eine aus kleinen, unregelmässigen Klümpchen bestehende Masse.

G. R. Treviranus[6]) betrachtet die Chlorophyllkörner nicht als homogene, blos aus dem grünen Farbstoffe bestehende Körner, sondern als Eiweisskügelchen, denen die grüne Materie beigemischt sei.

Nachdem in den folgenden Jahren die chemischen Verhältnisse dieses Stoffes durch Pelletier und Caventou näher erforscht waren, verwendeten auch die Phytotomen mehr Sorgfalt auf die Untersuchung seiner anatomischen Verhältnisse.

Dutrochet[7]) glaubte aus dem chemischen Verhalten der Chlorophyllkörner schliessen zu dürfen, dass sie den Nervenkügelchen der Thiere entsprechen und die Nervensubstanz der Pflanzen bilden.

Turpin[8]) und Raspail[9]) stellten die schon früher von Sprengel geäusserte Ansicht, dass die Chlorophyllkörner und Stärkmehlkörner Bläschen seien und dass durch ihre Vergrösserung neue Zellen gebildet werden, wieder aufs neue auf, und glaubten, diese Bläschen sprossen aus der Wandung der älteren Zellen hervor und seien durch eine Art von Nabelstrang an ihnen befestigt. Turpin legt diesen Bläschen den Na-

1) De sedibus materiarum immediat. in plantis. 1806. p. 69.
2) Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1807. p. 36.
3) Beiträge zur Anatomie der Pflanzen. 1812. p. 109. 165. u. a. O.
4) Mémoires sur l'organisation des plantes. 1812. p. 32.
5) Grundzüge der Phytotomie. 1815. p. 50.
6) Biologie. 1814. Tom. IV. p. 95.
7) Recherches sur la structure intime des animaux et des végétaux. 1824.
8) Organographie végétale. (In den Mémoires du Muséum. T. XIV. 1827).
9) System der organischen Chemie. 1834. p. 189.

men der Globuline bei. Die grüne Färbung ist nach der Ansicht dieser Gelehrten nicht den Wandungen dieser Bläschen eigen, sondern beruht auf dem Inhalt derselben.

Die Arbeit von MACAIRE-PRINCEP[1]), so wenig sie auch in historischer Beziehung in der Lehre vom Chlorophyll zu übergehen ist, wegen der Masse von Irrthümern, zu welchen sie Veranlassung gab, braucht hier keiner weitern Erwähnung, indem sie auf die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls nicht eingeht, und von den Chemikern schon bewiesen ist, dass die in ihr enthaltenen chemischen Angaben unrichtig sind.

MEYEN[2]) nimmt ebenfalls, wie TURPIN, an. dass die Chlorophyllkörner aus Bläschen mit einer ungefärbten Haut und einem gefärbten Inhalte bestehen; seine Ansicht unterscheidet sich nur darin von der TURPIN'schen, dass er diese Bläschen nicht für angewachsen, sondern im Zellsafte schwimmend oder nur in geringem Grade an den Zellwandungen befestigt erklärt. Ausser der im Innern des Bläschens enthaltenen grünen Materie fand MEYEN in der Vallisneria spiralis die Bläschen noch von einer schleimigen, grünen Atmosphäre umgeben, welche er für eine Reserve-Nahrung der Bläschen hält[3]).

Auf ähnliche Weise erklären auch AGARDH[4]) und MIRBEL[5]) die Chlorophyllkörner für Bläschen.

RÖPER[6]) giebt dagegen an, dass die grüne Farbe der Pflanzen nicht immer durch Kügelchen hervorgebracht werde, sondern dass häufig ein durchsichtiger, homogener Saft die Zellen färbe.

TREVIRANUS[7]) erklärt es für eine leicht anzustellende Beobachtung, dass in den grünen Zellen die Chlorophyllkörner in einer ebenfalls grün, jedoch weniger intensiv gefärbten Gallerte liegen. So lange eine Zelle unverletzt sei, sehe man den grünen Saft in Form einer durchscheinenden Gallerte der innern Oberfläche der Zelle anliegen und nach der Zerreissung der Haut langsam hervortreten. Durch Einwirkung der Luft, einer Säure oder eines Salzes verliere er seine Flüssigkeit und ziehe sich in einen kleinern Raum zusammen. Die Kügelchen scheinen nur ein veränderter Zustand des Saftes zu sein, keineswegs aber könne das Mikroskop genügende Auskunft darüber ertheilen, ob diese Kügelchen hohle Bläschen seien.

Die interessante Arbeit von MARQUART[8]), so sehr sie auch in der Lehre von den chemischen Verhältnissen des Chlorophylls Epoche macht, lässt uns in Beziehung auf seine anatomischen Verhältnisse ganz im Stich, indem der Verfasser blos anführt, es bestehe das Chlorophyll nach dem Zeugnisse aller Phytotomen aus Kügelchen.

Nach der Angabe von LINK[9]) verhält sich das Chlorophyll durchaus nicht immer auf gleiche Weise,

1) Mémoires de la société de physique et d'histoire naturelle de Genève. T. IV. 1828. p. 43.
2) Phytotomie. 1830. p. 148. (Die über den Inhalt der Pflanzenzellen in diesem Werke enthaltenen Angaben wurden schon im Jahre 1828 von dem Verfasser in der Schrift: über den Inhalt der Pflanzenzellen, bekannt gemacht.)
3) Nova act. acad. C. L. C. naturae curiosor. Tom. XIII. Vol. II. p. 836.
4) Organographie. 1831. p. 89.
5) Recherches sur le Marchantia. 1833. p. 8.
6) Uebersetzung von DECANDOLLE's Physiologie. Tom. I. 1833. p. 354.
7) Physiologie der Gewächse. 1835. Bd. I. p. 42. 44. 544. u. a. O.
8) Die Farben der Blüthen. 1835. p. 41.
9) Elementa philosophiae botan. sec. edit. 1837. p. 143. 145.

denn es ist bald in Bläschen eingeschlossen, bald umgiebt es auch die Bläschen, zum Theile fehlen auch die Bläschen, oder sie sind nicht selten zusammengesetzt. Es scheint nicht, dass die Bläschen den grünen Stoff bereiten, sondern vielmehr, dass die Bläschen im grünen Stoffe gebildet werden.

Werfen wir einen Blick auf diese Aussagen der Phytotomen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls zurück, so erhellt leider, dass in dieser Beziehung, ungeachtet aller Untersuchungen der tüchtigsten Männer, beinahe so gut als Nichts festgestellt ist, indem fast jeder Schriftsteller die Ansichten seiner Vorgänger verwarf, ohne im Stande zu sein, eine haltbarere an die Stelle derselben zu setzen. Der Verfasser dieser Zeilen kann unter diesen Umständen, welche auf besonders grosse, bei diesen Untersuchungen stattfindende Schwierigkeiten hinweisen, auch nicht erwarten, dass seine Beobachtungen eine vollständige Lösung der hier in Frage kommenden Punkte gewähren werden; doch hofft derselbe, sie werden wenigstens in einer Beziehung die Kenntniss der anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls um einen Schritt weiter bringen.

Was zuerst die Frage betrifft, ob das Chlorophyll in der lebenden Pflanze, wie Wahlenberg glaubte, in Form einer formlosen Gallerte, oder ob es in Form von Kügelchen sich findet, so muss ich der Angabe von Röper und Treviranus vollkommen darin beistimmen, dass es nicht immer die Form von Kügelchen besitzt; dagegen ist mir keine Pflanze bekannt, von der man mit Moldenhawer und Treviranus sagen könnte, dass ihr Zellsaft grün gefärbt sei, sondern es ist immer, so weit wenigstens meine Erfahrungen reichen, der Zellsaft durchsichtig, ungefärbt oder auch roth, und in ihm schwimmt die zähe, grüne Gallerte des Chlorophylls entweder als eine Masse von bestimmter Form, oder auch als ungeformte, krümlige Masse, häufig einen Ueberzug auf der innern Zellwandung bildend.

Im ganzen genommen trifft man ein nicht körniges Chlorophyll wohl weit seltener, als manche Schriftsteller anzunehmen scheinen, denn bei weniger genauer Untersuchung scheint oft der Zellsaft eine grüne Farbe zu besitzen, während er in der That vollkommen wasserklar ist und der grüne Farbenton blos darin begründet ist, dass sich in den tieferen Schichten des unter dem Mikroskope liegenden Präparates, welche ausserhalb des Focus der Objectivlinse liegen, Chlorophyllkörner finden, deren Farbe durchscheint, ohne dass sie selbst gesehen werden. Beinahe möchte ich glauben, dass sich Link durch diesen Umstand in manchen Fällen täuschen liess, z. B. bei dem Blatte von *Tradescantia discolor* (Icones anatomico-botanicae. Fasc. I. Tab. VIII. Fig. 4.), bei welchem er die oberste Zellgewebschichte, so wie die zwischen den grünen Parenchymzellen und den rothgefärbten Zellen der Unterfläche liegende Schichte von grossen, körnerleeren Zellen grün zeichnen liess, und eben so in den grünen Zellen des Mesophyllums formloses Chlorophyll angab, ungeachtet in allen diesen Theilen, wenigstens in den von mir untersuchten Blättern, keine Spur desselben vorkommt.

Formloses Chlorophyll trifft man vorzugsweise häufig und deutlich ausgebildet bei den Conferven, z. B. als ein grünes Querband in jeder Zelle bei *Conferva zonata, Draparnaldia plumosa,* in der Form von spiralförmig gewundenen Bändern bei *Spirogyra* Link, in Form einer ebenen oder gewundenen Platte bei *Mougeotia genuflexa.* Bei den Phanerogamen trifft man gewöhnlich das formlose Chlorophyll zugleich

mit Chlorophyllkörnern in denselben Zellen, indem es einen Anhang dieser Körner bildet oder grössere Massen einer formlosen Gallerte darstellt, in welcher die Chlorophyllkörner eingesenkt sind; häufig ist auch seine Menge so gering, dass es nur die Form eines grünlichen, nicht scharf begrenzten Wölkchens, welches die Körner umgiebt, oder von gallertartigen Fäden, welche die Körner verbinden, annimmt. Diese verschiedenen Formen desselben trifft man z. B. in den Parenchymzellen der Blätter vieler Fettpflanzen, wie *Sedum, Sempervivum, Crassula,* in dem Blattparenchyme von *Pinus Strobus* etc.; ferner sehr häufig in den Porenzellen der Epidermis.

Weit häufiger, als in formloser Gestalt erscheint das Chlorophyll in der Form von Körnern. In Beziehung auf die Lage dieser Körner kommen mehrere Modificationen vor.

In der Mehrzahl der Fälle hängen dieselben an der Zellwandung an. Diese Verwachsung, wenn dieses Anhängen überhaupt so zu nennen ist, ist eine äusserst lose, und es lassen sich die Körner leicht von der Zellwandung loslösen, theils durch mechanische Gewalt, theils durch Säuren, welche den Zellsaft zum Gerinnen bringen, wobei sich die Körner ablösen und mit dem gerinnenden Theile des Saftes zu einer krümligen Masse von geringerem Umfange, als die Zelle selbst, zusammenballen. Auf diese Weise hängen die Chlorophyllkörner vieler Conferven an der Zellwandung an, z. B. bei den Ectospermen, bei *Conferva glomerata* etc., ferner bei den Charen, bei den Moosblättern, und bei den höheren Pflanzen im Allgemeinen bei den Zellen des Mesophyllums. Die Angabe von Turpin und Raspail, dass die Chlorophyllkörner durch eine Nabelschnur mit der Zellwandung verwachsen sind, wird sich jedem aufmerksamen Beobachter schon nach wenigen Untersuchungen als eine reine Fabel darstellen.

Nicht selten schwimmen auch alle oder wenigstens ein Theil der Chlorophyllkörner im Zellensafte einzeln umher. Dieses ist z. B. bei den inneren Zellschichten der Blätter von *Vallisneria spiralis*, *Stratiotes aloides* der Fall, bei welchen Pflanzen bekanntlich aus der Bewegung dieser Körner die Rotationsbewegung des Zellsaftes selbst erkannt wird.

Endlich kommt es auch nicht selten vor, besonders in den Porenzellen der Epidermis, in den Rindenzellen (z. B. von *Vanilla planifolia*), in den Zellen, welche die mittlere Schichte des Blattes von *Orontium japonicum* bilden, dass die Chlorophyllkörner in der Mitte der Zelle zu einem Haufen zusammengeballt liegen. In diesem Falle liegen dieselben zuweilen um den sogenannten Nucleus der Zelle herum, z. B. bei *Orontium*; in andern Fällen fehlt ein solcher Nucleus, oder wenn er auch vorhanden ist, so hat doch häufig die Lage der Chlorophyllkörner keine Beziehung zu seiner Lage, z. B. in den Porenzellen der Epidermis.

Was den Bau dieser Chlorophyllkörner betrifft, so müssen wir vorerst zwischen Körnern, welche im Chlorophyll liegen, und zwischen den Chlorophyllkörnern selbst unterscheiden, obgleich es nach den weiter unten zu beschreibenden Thatsachen wahrscheinlich ist, dass dieselben in einer näheren Verbindung mit einander stehen, als es wohl auf den ersten Anblick scheinen möchte.

Unter Körnern, welche im Chlorophyll liegen, verstehe ich solche Kügelchen, welche ohne eine sichtbare eigene Hülle in formlosem Chlorophyll regelmässig oder unregelmässig eingebettet sind. Diese finden sich, wie das formlose Chlorophyll selbst, besonders deutlich ausgebildet in der Familie der Conferven, vorzüglich bei *Spiro-*

Φyrenoïde

gyra, indem bekanntlich in den spiralförmig gewundenen, grünen Platten eine grössere oder kleinere Menge von weissen Körnern liegt, welche bald unregelmässig in diesen Platten zerstreut liegen, bald, besonders die grösseren, in der Mittellinie derselben eine Längenreihe bilden und oft dem grünen Faden ein paternosterähnliches Aussehen ertheilen. Ueber diese Körner hat Meyen[1]) gar interessante Beobachtungen mitgetheilt. Diese Körner sind nämlich nach seiner Angabe Bläschen, die man am besten *Sporae* nennen könnte, welche nicht nur den Bau der Priestley'schen grünen Materie haben, sondern sich auch in ihrem Lebenslaufe ganz ähnlich derselben verhalten und Keime zur Entwicklung ihnen ähnlicher Gebilde sind, die als Pflanze wachsen, oder zum Thiere auswachsen, indem sie sich nach allen Seiten ausdehnen, zuerst ihre Farbe und ihren zarten Inhalt assimiliren und dann in sich eine zusammengesetztere Organisation entwickeln. Leider gehören diese Meyen'schen Sporen zu den vielen Gegenständen der Naturgeschichte, die sich zwar in unsern Büchern, aber nicht zwischen Himmel und Erde finden, denn ein Körnchen Jod, welches in ihre Nähe gebracht wird, entzaubert diese räthselhaften Wesen und lässt sie an der blauen Farbe, die sie annehmen, als Amylumkörner erkennen.

Weit schwieriger zu untersuchen sind die Chlorophyllkörner selbst. Wenn man den in Weingeist, in fetten und ätherischen Ölen auflöslichen, grünen, harzähnlichen Stoff, von welchem die grüne Farbe der Pflanzen herrührt, mit dem Ausdrucke des Chlorophylls bezeichnet, so kann man diese Körner nicht mit Wahlenberg, Treviranus u. A. blos für geronnenes Chlorophyll erklären, denn sie werden durch Maceration eines grünen Pflanzentheiles in Weingeist, oder durch Behandlung desselben mit kochendem Weingeiste nicht aufgelöst, sondern sie bleiben ungefärbt zurück, und es ist ihnen nur der grüne, harzige Stoff (das eigentliche Chlorophyll) entzogen. Dieses hatten der ältere Treviranus, Turpin, Raspail, Meyen, Mirbel u. A. richtig beobachtet, und es handelt sich nun um die Kenntniss des zurückbleibenden Kügelchens. Ein Klümpchen Eiweiss, wie Treviranus glaubte, ist es wohl nicht, denn durch Alkohol und Säuren sollte es in diesem Falle trüb und weiss werden, was es nicht thut; auch färben sich diese Kügelchen bei Zusatz von Zucker und Schwefelsäure nicht purpurroth[2]). Die anderen vorhin genannten Phytotomen erklären das zurückbleibende Kügelchen für ein Bläschen, für eine kleine Zelle und Meyen[3]) giebt an, nach Behandlung desselben mit Jodlösung, wodurch es braun gefärbt werde, erkenne man deutlich, dass das Innere desselben hohl sei.

Ich hatte häufig dieses Mittel angewendet, um mich von der Richtigkeit dieser Angabe zu überzeugen, es gelang mir aber nie, eine Höhlung in diesem sogenannten Bläschen zu entdecken, und so blieb ich über die Beschaffenheit desselben im Ungewissen. Endlich eröffnete sich mir vor einigen Jahren, als ich Unter-

1) Linnaea. Tom. II. p. 425. seq.

2) Anm. Ich lasse es dahin gestellt sein, ob diese von Raspail angegebene Reaction des Eiweisses überhaupt richtig ist oder nicht. Der Umstand, dass die Kügelchen von Jod gelbbraun gefärbt werden, ist nach den neueren Angaben französischer Chemiker ein Beweis, dass sie eine stickstoffhaltige Materie enthalten.

3) Phytotomie. p. 149.

suchungen über *Chara flexilis* anstellte, ein neuer, unerwarteter Gesichtspunkt. Ich wendete nämlich das schon so oft gebrauchte Jod auch bei dieser Pflanze an[1]) und sah, dass in jedem Chlorophyllkorne ein bis vier scharf begrenzte Körner lagen, welche sich schön blau färbten, folglich Amylumkörner waren. Die grüne Hülle nahm allmählig eine braune Farbe an; dabei zeigte sie aber nicht die Form eines Bläschens, welches aus einer festen Haut gebildet ist, denn diese hätte sich am Rande durch eine doppelte Linie erkennen lassen müssen, sondern diese grüne Hülle schien eher eine gallertartige Masse zu sein, welche keine Höhlung enthält, sondern in welche die Amylumkörner eingesenkt sind, ungefähr wie bei den Blutkörnchen der Kern in einer gallertartigen Hülle liegt.

Es entstand nun die Frage, ob dieser Bau überhaupt den Chlorophyllkörnern zukomme, oder ob er eine der vielen Eigenthümlichkeiten von *Chara* sei. Einige Zeit lang waren meine Bemühungen, dieses Verhältniss aufzuklären, vergeblich, indem ich zufälliger Weise zuerst solche Chlorophyllkörner untersuchte, welche der genauen Beobachtung grosse Schwierigkeiten entgegensetzen; doch gelang es bald, analoge Erscheinungen auch an den Chlorophyllkörnern anderer Pflanzen aufzufinden.

Bei der Gattung *Chara* scheint der angegebene Bau der Chlorophyllkörner allgemein zu sein. Da die hiesige Gegend an Charen sehr arm ist und, wie es scheint, keine Arten mit einfach röhrigem Stengel (*Nitella*) besitzt, so musste ich getrocknete Exemplare zur Untersuchung verwenden, bei welchen das Resultat in manchen Fällen, weil die Exemplare zu stark gepresst waren, ein zweifelhaftes war; bei *Chara syncarpa* Desv., *barbata* Meyen und *gracilis* liess sich jedoch mit grösster Bestimmtheit derselbe Bau der Chlorophyllkörner, wie bei *Chara flexilis*, erkennen.

Bei solchen Conferven, deren Röhren auf ihrer innern Seite mit Chlorophyllkörnern überzogen sind, sowohl bei Arten des süssen Wassers, wie *Conferva glomerata, fracta, aegagropila*, als bei denen des Meerwassers, wie *C. rupestris*, zeigte sich auf die Einwirkung von Jod in jedem Chlorophyllkorne ebenfalls ein sich bläuendes Amylumkorn, in manchen Fällen auch mehrere.

Schwieriger war in vielen Fällen bei den mit Blättern versehenen Pflanzen die Anwesenheit von Amylumkörnern in den Chlorophyllkörnern aufzufinden. Am nächsten an die grossen, scharf begrenzten und verhältnissmässig grosse Amylumkörner einschliessenden Chlorophyllkörner der Charen schlossen sich die in den inneren Zellschichten des Blattes von *Vallisneria spiralis* schwimmenden Chlorophyllkörner an, denn auch sie enthielten ein oder auch zwei, schon vor der Färbung durch Jod erkennbare Amylumkörner, welche

1) Anmerk. Gewöhnlich wird bei mikroskopischen Untersuchungen Jodtinctur angewendet; diese hat aber den doppelten Nachtheil, dass sie einentheils wegen ihrer tiefgelben Farbe dem ganzen Objecte eine unnatürliche Färbung ertheilt, anderntheils dass sie die Amylumkörner häufig zu schnell dunkelblau und selbst schwarz färbt. Zweckmässiger ist es, in das Wasser, in welchem das Object liegt, ein paar Körnchen Jod zu legen; nicht nur bleibt in diesem Falle das Wasser hell und ungefärbt, sondern es erfolgt die Einwirkung auf die Amylumkörner weit langsamer, so dass man ihre Veränderungen mit aller Genauigkeit verfolgen kann. — Um Zeit zu ersparen, finde ich es in neueren Zeiten doch besser, in solchen Fällen, in welchen ich nur eine schwache Reaction des Jods zu erhalten wünsche, eine Jodtinctur anzuwenden, welche mittelst eines durch Wasser äusserst verdünnten Weingeistes bereitet ist.

durch Jod sehr schön blau gefärbt wurden. In der äussersten Zellschichte, in welcher die Chlorophyllkörner in sehr grosser Menge an den Zellwandungen angeheftet liegen, sind dagegen die Amylumkörner sehr klein, auch unter 400facher Vergrösserung oft blos punktförmig, sie lassen sich daher nur sehr schwer und in vielen Körnern auch nicht erkennen, besonders da die grüne Chlorophyllhülle bei ihrer im Verhältnisse zur Grösse der Amylumkörner sehr bedeutenden Masse sich durch das Jod tief braun färbt.

Mit beinahe noch grösserer Deutlichkeit liess sich in den Chlorophyllkörnern des Blattes von *Tradescantia discolor*, besonders in denjenigen, welche in den mittlersten Schichten des Blattes liegen, ein Korn von Amylum nachweisen, indem dasselbe hier in einzelnen Chlorophyllkörnern von ganz besonderer Grösse ist.

Im Verlaufe weiterer Untersuchungen über diesen Gegenstand zeigte sich, dass die Chlorophyllkörner verschiedener Pflanzen und auch verschiedener Theile derselben Pflanzen gewisse Abweichungen in ihrem Baue zeigen.

Ein Theil der Chlorophyllkörner besitzt nämlich in jedem Korne nur einen aus einem Amylumkorn gebildeten Kern. Diese Chlorophyllkörner lassen im Allgemeinen ihren Bau am leichtesten erkennen, indem meistens die Masse der Hülle zur Masse des Amylumkornes nicht bedeutend ist, und daher die durch Jod erzeugte blaue Farbe des letzteren am leichtesten durch die Hülle durchscheint. Wenn entweder die Hülle dünn, oder wenn sie nicht tief grün gefärbt ist (denn in Hinsicht auf die Intensität der grünen Farbe finden sich viele Unterschiede), so erscheint die blaue Farbe ungetrübt, wie bei freiliegenden Stärkmehlkörnern; wenn dagegen die Hülle dick ist, und durch Jod tief braungelb gefärbt wird, so erscheint auch das Amylumkorn unter einer mehr oder weniger abweichenden, meistens unter einer dem Violetten sich annähernden Farbe. Vorläufige Entziehung der grünen Farbe durch Weingeist leistet in diesen Fällen keinen Nutzen, indem die durch das Jod erzeugte braune Farbe mehr dem ungefärbten Theile der Hülle, als dem Antheil an grünem Chlorophyll angehört, auf ähnliche Weise, wie sich auch die Holzfaser durch Jod gelb und braun färbt.

Solche, nur mit einem Amylumkorne versehene Chlorophyllkörner, welche sich deutlich durch Jod blau färben, kommen in den Porenzellen der Epidermis aller Pflanzen, welche ich bisher in dieser Beziehung untersuchte, vor, ferner in den Epidermiszellen von *Aspidium exaltatum*, in der Epidermis des Blattes von *Calla aethiopica*, in dem Blattparenchyme von *Abies pectinata*, *Pinus alba*, *Camellia japonica*, in der äussersten, unter der Epidermis liegenden Zellenschichte des Mesophyllums von *Iris fimbriata*, in der mittlersten und äussersten Schichte des Mesophyllums von *Orontium japonicum*.

Eine zweite, an die eben beschriebene Form sich unmittelbar anschliessende Abänderung von Chlorophyllkörnern, welche mit den vorhergehenden den scharf begrenzten Umriss gemein hat, unterscheidet sich von ihr blos dadurch, dass jedes Chlorophyllkorn mehrere (in den meisten Fällen zwei bis vier) Amylumkörner enthält. In Beziehung auf die Färbung durch Jod stimmen sie mit der vorhergehenden Abtheilung vollkommen überein, nur geschieht es häufiger, dass durch die braune Färbung der Hülle die blaue Farbe

der Amylumkörner einen violetten Ton annimmt. Die Hülle dieser Körner erscheint theils ganzrandig, theils, wenn dieselbe dem Umfange der einzelnen Amylumkörner sich anschliesst, crenulirt, und dieses ist wohl die Form, welche Link mit dem Ausdrucke der zusammengesetzten Chlorophyllkörner bezeichnete, wenn er nicht vielmehr unter diesem Ausdrucke die Zusammenhäufungen von Körnern, deren jedes seine eigene Chlorophyllhülle besitzt, wie sie z. B. häufig in den Ectospermen vorkommen, verstanden hat.

Solche mit mehreren Amylumkörnern versehene Chlorophyllkörner finden sich in dem Mesophyllum von *Aspidium exaltatum, Sempervivum tectorum*, in den Markzellen von *Stapelia maculosa*, in dem Blattstiele von *Pothos lanceolata*, in der mittlern Schichte des Mesophyllums derselben Pflanze, auch gehört ein Theil der Chlorophyllkörner des Blattes von *Tradescantia discolor* und *Abies pectinata* hierher, ferner die oben weitläufiger beschriebenen Körner der Charen.

An diese Form der Chlorophyllkörner, bei welchen sich bei ihrer Grösse und deutlichen blauen Färbung durch Jod die Natur der in ihnen liegenden Kerne nicht verkennen lässt, schliessen sich solche Chlorophyllkörner an, deren Kerne sehr klein, dagegen meistens in grösserer Anzahl vorhanden sind, deren blaue Färbung durch Jod zwar noch erkennbar ist, aber doch wegen der Kleinheit der Kerne und der verhältnissmässigen Dicke der durch Jod sich bräunenden Hülle nicht immer leicht zu sehen ist. Es finden sich solche Chlorophyllkörner theils zwischen denen der vorausgehenden Abtheilung, durch mannigfache Mittelstufen in sie übergehend z. B. im Blattstiele von *Pothos lanceolata*, theils in besonderen Zellschichten der Blätter z. B. bei *Pothos lanceolata* in der äussersten, aus senkrechten Zellen gebildeten Schichte der obern Fläche des Blattes, in den äussern Zellenschichten beider Blattseiten von *Orontium japonicum*, und zwar hier gemischt mit Chlorophyllkörnern, welche einen grossen Kern von Amylum enthalten, theils gehören alle Chlorophyllkörner des Blattes zu dieser Form, wie bei *Sedum anglicum*.

Endlich als letzte Form der Chlorophyllkörner betrachte ich diejenigen, welche in der Regel ziemlich gross, aber weniger scharf begrenzt, als die bisher beschriebenen sind, in welchen man unter starken Vergrösserungen eine Menge feiner Körnchen, die sich nur als beinahe unmessbar kleine Punkte darstellen, sieht. Behandelt man diese Körner mit Jod, so färben sie sich tief braungelb, es werden die feinen Körner, die in ihnen liegen, zwar dunkler und erscheinen schärfer begrenzt, allein man kann an ihnen keine blaue Farbe erkennen. Dessen ungeachtet ist es mir nicht zweifelhaft, dass auch hier die kleinen, in den Chlorophyllkörnern enthaltenen Kerne Amylumkörner sind, und dass nur wegen ihrer geringen Grösse und wegen der Dicke der Hülle ihre blaue Farbe nicht erkennbar ist, denn die Uebergänge von den grossen, durch Jod schön indigoblau sich färbenden Körnern zu diesen punktförmigen Körperchen ist so allmählig, dass sich durchaus keine Grenze zwischen ihnen auffinden lässt. Es scheint hauptsächlich diese Form von Chlorophyllkörnern gewesen zu sein, welche bisher von den Phytotomen untersucht wurde, sonst hätte die Reaction der Kerne auf Jod nicht unbemerkt bleiben können. Es ist diese Form von Chlorophyllkörnern beinahe die gewöhnlichste, es mag aber nicht überflüssig sein, einige Pflanzen zu nennen, in welchen dieselben mit Bestimmtheit aufge-

funden werden können, dahin gehören z. B. die Blätter von *Sanseviera zeylanica*, die Rindenzellen von *Stapelia maculosa*, die äusseren Schichten der Rinde von *Cactus hexagonus*, das Mesophyllum von *Dracaena Draco, ferrea, Calla aethiopica, Pancratium illyricum*, die mittlere Blattschichte von *Iris fimbriata*, ein Theil der in den äussern Blattschichten liegenden Körner bei *Orontium japonicum*.

Im Bisherigen habe ich nur die relative Grösse der in den Chlorophyllkörnern enthaltenen Amylumkörner betrachtet; was nun ihre absolute Grösse betrifft, so lässt sich über diese wenig sagen, indem dieselbe ausserordentlich varirt. Die grössten Amylumkörner fand ich in den Chlorophyllkörnern von *Tradescantia discolor* und *Vallisneria spiralis*, ihr Durchmesser betrug hier im Allgemeinen $^1/_{800}$ bis $^1/_{500}$ par. Linie, und stieg bei einzelnen auf $^1/_{300}$ Linie. Von dieser, als der höchsten von mir beobachteten Grösse nahm der Durchmesser bis zur unmessbar geringen Grösse ab, so dass ich die kleinsten auf nicht mehr als $^1/_{5000}$ Linie schätze. Eine blaue Farbe liess sich unter günstigen Umständen bei Körnern von $^1/_{1000}$ bis $^1/_{2000}$ Linie noch vollkommen deutlich erkennen. In dieser Beziehung hängt natürlicherweise alles von der Güte des Mikroskopes ab; meine Beobachtungen sind mit einem Plössl'schen gemacht.

Ich habe oben zwischen Körnern im formlosen Chlorophyll und zwischen Chlorophyllkörnern unterschieden; die ersteren wiesen sich als Amylumkörner aus, die letzteren als zusammengesetzt aus einem oder mehreren Kernen von Amylum und aus einer Hülle, welche aus Chlorophyll und einem ungefärbten, in Wasser und Alkohol unauflöslichen, durch Jod sich bräunenden Stoffe besteht. Das formlose Chlorophyll besteht aus denselben Bestandtheilen, wie die Hülle der Chlorophyllkörner, denn es bleibt nach der Entfärbung desselben durch Alkohol eine ungefärbte, durch Jod sich bräunende Masse zurück; wir sind also vollkommen berechtigt, zwischen diesen beiden Substanzen eine Parallele zu ziehen und anzunehmen, dass sich die Chlorophyllkörner nur dadurch von dem formlosen Chlorophyll unterscheiden, dass sich bei ihnen um die Amylumkörner, gleichsam als um einen Nucleus, die Chlorophyllmasse sammelt und in einzelne Parthien zerfällt, welche ein körnerartiges Aussehen annehmen. Umgekehrt aber können auch wieder die getrennten Chlorophyllkörner oder mehrere getrennte Massen formlosen Chlorophylls in nähere Verbindung treten und verschmelzen, wie wir in den Ectospermen und Zygnemen sehen.

Diese Aehnlichkeit der Chlorophyllkörner und des formlosen Chlorophylls ist auf eine recht anschauliche Weise in den Blättern von *Bryum cuspidatum* Schreb. zu sehen, in welchen die Amylumkörner und die Chlorophyllmasse in den sechseckigen Zellen, welche die Lamina des Blattes bilden, zu isolirten, an den Zellwandungen ansitzenden Körnern verbunden sind, während in den langgestreckten Zellen des Blattrandes dieselben eine zusammenhängende, formlose, krümlige Masse bilden.

Da wir in den ausgebildeten Chlorophyllkörnern immer einen oder mehrere Amylumkerne und eine gallertartige Hülle finden, so entsteht die Frage, welcher dieser Theile der ursprüngliche ist, ob sich die Amylumkörner zuerst bilden und die Hülle sich erst später um dieselben anlegt, oder

ob umgekehrt, wie LINK vermuthet, das Chlorophyll sich zuerst bildet und erst später die Körner in ihm entstehen.

Diese Frage auf eine genügende Weise zu beantworten setzen mich meine bisherigen Beobachtungen noch nicht in den Stand, sie scheinen jedoch mit ziemlicher Sicherheit darauf hinzuweisen, dass bald das Amylum, bald das Chlorophyll der früher gebildete Theil ist, und ohne Zweifel hängt die frühere Entwicklung des einen oder des andern in vielen Fällen von äusseren Umständen, nämlich davon, ob der in der Entwicklung begriffene Theil dem Lichte ausgesetzt ist oder nicht, ab.

Dass das Chlorophyll der zuerst gebildete Theil ist, scheint bei den Conferven, besonders den Zygnemen keinem Zweifel unterworfen zu sein, indem bei diesen mit dem Alter der Pflanze die Grösse der Amylumkörner immer zunimmt, und in jungen Fäden häufig schon eine sehr bedeutende Ablagerung von Chlorophyll gefunden wird, während die Amylumkörner noch äusserst klein sind; auch ist aus der bestimmten Form der aus formloser Chlorophyllmasse gebildeten spiralförmigen Bänder und aus dem Umstande, dass die kleinen Amylumkörner im Anfange häufig durchaus unregelmässig in diesen Bändern vertheilt sind, darauf zu schliessen, dass hier die Chlorophyllmasse unabhängig von den Amylumkörnern als selbstständiges Gebilde auftritt. Hiebei dürfen wir nicht vergessen, dass die Entwicklung dieser Pflanzen im Lichte vor sich geht. Bei den Phanerogamen dagegen, bei welchen die Entwicklung der meisten Theile unter Ausschluss des Lichtes erfolgt, scheint eher der entgegengesetzte Fall einzutreten. Dass in den Cotyledonen nur Amylum enthalten ist, dagegen in den meisten Fällen keine Spur von Chlorophyll vorkommt, ehe dieselben bei der Keimung die Samenhülle verlassen und dem Einflusse des Lichtes ausgesetzt werden, ist bekannt; man könnte jedoch gegen die Anführung dieses Umstandes zur Unterstützung des aufgestellten Satzes den Einwurf mit Recht machen, dass die Amylumkörner der Cotyledonen bei der Keimung zur Ernährung des Pflänzchens verwendet werden und die Amylumkerne der Chlorophyllkörner der zu Blättern herangewachsenen Cotyledonen wohl secundären Ursprunges sein können und nicht ein Ueberrest von den im Cotyledon enthaltenen Amylumkörnern seien. Ein sicherer Weg zur Entscheidung dieser Frage ist vielleicht die Untersuchung der Knospen. Hier tritt nur der schlimme Umstand ein, dass die Blätter auch der noch vollkommen geschlossenen Knospe bereits Chlorophyll enthalten, und dass es ausserordentlich schwer zu entscheiden ist, ob in dem jugendlichen Blatte die Amylumkerne verhältnissmässig gegen die Chlorophyllhülle grösser oder kleiner, als im erwachsenen Blatte sind. So weit jedoch meine Erfahrungen reichen, so ist allerdings das erstere der Fall, denn wenn man die Chlorophyllkörner von den innersten Blättchen der jungen Triebe von *Sempervivum, Sedum* und von Farnen mit den Chlorophyllkörnern der erwachsenen Blätter vergleicht, so ist es auffallend, wie die Körner der ganz kleinen Blättchen sich durch Jod oft so schön blau färben, als ob gar keine Chlorophyllhülle vorhanden wäre (wenn sie gleich vor der Färbung grün sind), während die Körner der erwachsenen Blätter wegen der ausgebildeteren Hülle eine trübe Färbung annehmen. Aus diesem Grunde ist es mir weit wahrscheinlicher, dass in den Blättern die Amylumkörner sich zuerst bilden, und erst später ihre Chlorophyllhülle erhalten.

Eben dafür spricht auch der Umstand, dass bei nicht gestielten, also von der Spitze gegen die Basis zu wachsenden, fleischigen Blättern die in den Zellen enthaltenen Körner, je weiter die Zelle gegen die Mitte und die Basis des Blattes zu liegen, desto mehr sich von der Beschaffenheit der Chlorophyllkörner entfernen und die der reinen Amylumkörner annehmen, d. h. eine desto dünnere und lichter gefärbte grüne Hülle besitzen oder derselben auch ganz entbehren. Aus diesem Umstande erhellt nämlich, dass alle Zellen die Fähigkeit haben, Amylumkörner zu bilden, dass aber zur Bildung des Chlorophylls der Einfluss des Lichtes und ein gewisses Alter der Zellen gehören; man muss daher diese Hülle als ein nur unter gewissen Umständen zu den Amylumkörnern Hinzukommendes betrachten, und kann sie nicht für die ursprüngliche und die Amylumkörner für die secundäre Bildung erklären.

Wie wir also sehen, dass der Nucleus von Amylum und die Chlorophyllhülle sich nicht nothwendig zur gleichen Zeit ausbilden, so haben sie auch nicht immer die gleiche Dauer. So lange das Blatt grün und lebenskräftig ist, so lange scheint sich auch der Amylumkern in den Chlorophyllkörnern zu erhalten, wie ich dieselben z. B. in zweijährigen Blättern von *Pinus alba*, in ungefähr fünfjährigen von *Zamia horrida* fand, wenn sich dagegen das Blatt dem Absterben nähert, so scheint mit der Umwandlung des grünen Chlorophylls in gelbes, und mit der gelblichen Färbung, welche die Zellenhäute selbst annehmen, meistens auch das Amylum aufgelöst zu werden, wenigstens konnte ich in den meisten Fällen in abgestorbenen Blättern durch Jod keine Spur desselben mehr auffinden.

Fragt man nach dem physiologischen Zwecke, welchen die Natur durch diesen Absatz von Amylum in den Blättern erreicht, so möchte wohl darauf zu antworten sein, dass es eine Reservenahrung ist, dazu bestimmt, um bei den nur einmal blühenden Gewächsen zur Entwicklung der Frucht verwendet zu werden, und um bei den ausdauernden, im Winter ihre Blätter verlierenden Gewächsen im Herbste in den Stamm übergeführt und daselbst als Material niedergelegt zu werden, auf dessen Kosten sich im nächsten Frühjahre die Knospen entwickeln sollen. Bedenkt man, wie gross die Masse der Blätter eines Baumes ist, und wie zahlreich in ihnen die Chlorophyllkörner sind, so erhellt, dass die Menge von Amylum, welche in ihnen enthalten ist, sehr beträchtlich sein muss und dass die Unterschiede zwischen den Monocotylen und den Dicotylen in Beziehung auf diesen, in der Ernährung der Pflanzen eine so wichtige Rolle spielenden Stoff nicht so bedeutend sind, als man früher annehmen musste, so lange man nicht wusste, dass bei den Dicotylen sich Amylum im Winter in dem Holze und im Sommer in den Blättern findet, und daher glaubte, dass das Amylum vorzugsweise von Monocotylen und von den Dicotylen nur in den Knollen in Menge bereitet werde.

Anmerk. Eine von der oben geäusserten Ansicht gänzlich verschiedene Theorie über die Bedeutung der im Chlorophyll vorkommenden Amylumkörner wurde von Mulder (Versuch einer physiologischen Chemie. Braunsch. 1844. pag. 294 u. f.) aufgestellt. Da die oben erzählten Thatsachen eine der hauptsächlichsten Grundlagen dieser Theorie sind und da es mir scheint, dass Mulder dieselben nicht in dem Sinne aufgefasst habe, in welchem ich sie darstellen wollte, so mag es mir erlaubt sein, einige Worte über diesen Punkt beizufügen. Mulder geht von der Ansicht aus, der Alkohol löse die äussere grüne Schichte der Chlorophyllkörner, welche aus farblosem Wachse und reinem Blattgrün bestehe, auf, und er leitet hieraus den Schluss ab, dass diese Hülle aus einer Metamorphose des den Kern der Chlorophyllkügelchen bildenden Amylumkornes hervorgehe, dass

je nachdem diese Umwandlung vollständig oder unvollständig sei, das Amylumkorn ganz verschwunden oder in verminderter Grösse als Kern der Chlorophyllkörner vorhanden sei, dass das formlose Chlorophyll aus der Umwandlung einer ganzen Gruppe von Amylumkörnern hervorgehe.

Wenn nun Mulder fortfährt, dass sich nach meinen Angaben bald eine Schichte Chlorophyll aus dem Amylum des Kernes, bald Amylumkörner aus den Chlorophyllkörnern, je nach den äusseren Umständen, bilden, dass es hingegen schwierig sei, eine Entwicklung von Amylum aus Chlorophyll, wie ich sie bei den Conferven annehme, mit der Natur dieser beiden Körper in Uebereinstimmung zu bringen, indem eine Veränderung des Chlorophylls in eine fette Substanz oder ein Harz sich leicht denken lasse, aber eine Umwandlung in Amylum unwahrscheinlich sei, so muss ich bemerken, dass ich diese Theorie der Umwandlung dieser Stoffe in einander nicht aufgestellt habe, dass mich also eben so wenig die Aussetzung trifft, welche gegen einen Theil derselben erhoben ist, als ich den andern Theil als meine Entdeckung in Anspruch nehmen kann.

Nach meinen Untersuchungen bestehen die Chlorophyllkörner aus drei Substanzen, von denen die eine, grün gefärbte (nach Mulder's Untersuchungen aus Wachs und Blattgrün zusammengesetzte) in Alkohol und Aether auflöslich ist, während die beiden andern in diesen Flüssigkeiten unauflöslich sind; von diesen ist die eine, mit Jod sich gelbfärbende (eine Proteinverbindung?) immer vorhanden und bestimmt die Form der Chlorophyllmassen, die andere (Amylum) ist in wechselnden Verhältnissen vorhanden und kann auch ganz fehlen, namentlich in jugendlichen, unter Einfluss des Lichtes sich entwickelnden Theilen. Die Ausmittlung der Frage, in wie weit wir berechtigt sind, mit Mulder anzunehmen, dass das Wachs des Chlorophylls seiner Zusammensetzung nach als das Product einer mit Sauerstoffausscheidung verbundenen Metamorphose von Amylum zu betrachten sei und dass die Sauerstoffausscheidung im Lichte grün werdender Organe und die Function des Amylums in den Blättern hiedurch ihre Erklärung finde, gehört in das Gebiet des Chemikers und ich masse mir nicht an, mit einem Manne wie Mulder hierüber eine Discussion zu eröffnen; es sei mir jedoch erlaubt, an eine bestimmte anatomische Thatsache zu erinnern, welche mit der Annahme, dass das Chlorophyll oder ein wesentlicher Theil desselben aus Amylum entsteht, nicht übereinstimmt, nämlich daran, dass in den vegetirenden Spitzen der Conferven z. B. *Conferva glomerata*, welche reich an Chlorophyll sind, kein Amylum durch Anwendung von Jod sichtbar zu machen ist.

XXVII.

Ueber die

Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung.

(Umarbeitung einer Dissertation vom Jahre 1835.)

Bis zum Zeitpunkte des Erscheinens der unter obigem Titel ausgegebenen Dissertation ist wohl von keinem Phytotomen eine genaue Darstellung von der Entstehung einer Zelle (wenn wir von den Sporen absehen) gegeben worden. Ausser den früheren, grösstentheils auf rein aus der Luft gegriffenen Vermuthungen beruhenden Angaben über die Entstehung der Zellen aus Chlorophyll—Amylum—Milchsaftkörnchen, aus einem homogenen Cambium u. s. w., existirten nur die Beobachtungen Mirbel's über Zellenbildung von *Marchantia*; allein auch diese waren ungeachtet des Aufsehens, welches sie erregt hatten, nicht geeignet, einen bestimmten Aufschluss über die Entwicklungsweise der Zellen zu gewähren, denn es musste schon damals bei einer genaueren Prüfung von Mirbel's Angaben klar werden, dass von den drei Modificationen, unter denen sich nach seiner Ansicht Zellen entwickeln sollen, die Angabe von zweien derselben, nämlich von der Zellenentwicklung auf der Oberfläche alter Zellen (développement super-utriculaire) und zwischen den alten Zellen (développement inter-utriculaire), auf keiner genauen Verfolgung der Entwicklungsgeschichte der neuen Zellen beruhte, und dass Mirbel wirklich nur eine Bildung von Zellen in Zellen (développement intra-utriculaire) gesehen, aber in Beziehung auf die Art und Weise, wie sich die Zellen bildeten, nicht genauer verfolgt hatte. Ich suchte in jener Dissertation durch bestimmte Beobachtungen nachzuweisen, dass der Gedanke, es müssen die entstehenden Zellen sehr klein sein, von dem die früheren Beobachter als von einem sich von selbst verstehenden ausgiengen, nicht immer in der Natur begründet ist, sondern dass Fälle von Vermehrung von Zellen durch Theilung bereits ausgebildeter Zellen vorkommen und dass diese Zellenvermehrung namentlich bei einer Reihe von Algen zu finden sei.

Meine Beobachtungen bezogen sich vorzugsweise auf *Conferva glomerata.* Ich bemerkte bei dieser Pflanze, dass an der Spitze ihres Stammes und ihrer Aeste niemals kleine, unausgebildete Zellen zu finden sind, sondern dass immer das äusserste Glied ungefähr von der Länge der übrigen, nur etwas dünner ist.

Dieser Umstand machte es mir zweifelhaft, dass diese Pflanze durch Ansatz neuer Glieder an der Spitze der Fäden in die Länge wachse und veranlasste mich zu einer Untersuchung, aus welcher folgendes Resultat hervorgieng. Die Verästelungen des Stammes entspringen immer an dem oberen Ende der Zellen des letzteren und sind an ihrer Basis von diesen Zellen durch eine Scheidewand getrennt. Dieser Zustand findet sich jedoch in der ersten Entwicklungsperiode eines Astes noch nicht, sondern der Ast erscheint in der ersten Jugend als eine blose, durch eine seitliche Anschwellung gebildete Protuberanz einer Zelle des Stammes (vgl. Tab. XIII. fig. 1. *a*. fig. 2. *a*); diese Protuberanz verlängert sich allmählig zu einem cylindrischen Fortsatze (fig. 1. *b*. fig. 2. *b*), dessen Höhlung immer noch vollkommen mit der Höhlung der Stammzelle zusammenhängt. Erst nachdem dieser Fortsatz ungefähr die Länge von einer erwachsenen Stammzelle erreicht hat, bildet sich an seiner Verbindungsstelle mit der Stammzelle eine ringförmige, ins Innere vorspringende Verengerung, welche den grünen Zelleninhalt an dieser Stelle zusammenschnürt, also eine ringförmige, in der Mitte durchbrochene Scheidewand darstellt. Diese Oeffnung der Scheidewand verengt sich mehr und mehr bis zum völligen Verschlusse (fig. 1. *c*), womit aus der vorher ästigen Zelle zwei völlig von einander abgeschlossene Zellen geworden sind. Der auf diese Weise von der Mutterzelle abgeschlossene Ast verlängert sich immer mehr bis er eine cylindrische Zelle darstellt, welche etwa die doppelte Länge von einer Zelle des Stammes besitzt. Diese Zelle theilt sich nun auf eine ganz analoge Weise durch eine senkrecht auf die Achse des Astes gestellte Scheidewand in zwei übereinander stehende Zellen. Von diesen verlängert sich nun die Endzelle und theilt sich später ebenfalls auf die beschriebene Art u. s. w. Auf gleiche Weise verhält sich die Endzelle des Stammes. Vollkommen übereinstimmend mit *Conferva glomerata* schien mir die Entwicklung der Zellen bei allen Arten der von Agardh mit dem Ausdrucke der *glomeratae, rupestres* und *pellucidae* bezeichneten Abtheilungen der Gattung *Conferva* zu sein, in so ferne der sehr ähnliche Bau dieser Gewächse zu diesem Schlusse berechtigt; mit Sicherheit glaubte ich es wenigstens von *Conferva fracta, cristata, rupestris, aegagropila, prolifera, Hutchinsiae* behaupten zu dürfen. Ebenso schienen mir auch die Verästelungen von *Callithamnion Rothii, repens, roseum, Ectocarpus littoralis, chalybaeus, Draparnaldia plumosa, tenuis, Chaetophora elegans, pisiformis* sich auf dieselbe Weise zu bilden. Eine analoge Vermehrung der Zellen durch Bildung von Querwänden glaubte ich auch bei *Scytonema Myochrous, Oscillatoria princeps,* bei *Rivularia* zu finden; manche Erscheinungen schienen mir auch darauf hinzudeuten, dass bei *Zygnema* das Wachsthum auf Zellentheilung beruhe, es war mir jedoch bei Abfassung der Dissertation noch nicht gelungen, den Vermehrungsprozess der Zellen dieser zuletzt genannten Pflanze auf dieselbe Art schrittweise zu verfolgen, wie bei *Conferva glomerata.*

Die Lehre über die Vermehrung der Zellen durch Theilung, welche ich mit diesen Beobachtungen zu begründen suchte, erlitt sehr verschiedene Beurtheilungen. Auf der einen Seite wurde dieselbe von Meyen und Unger nicht blos gebilligt, sondern auch auf die Phanerogamen ausgedehnt und die Theilung der Zellen für die am allgemeinsten vorkommende Vermehrungsweise derselben erklärt. Ebenso wurde von Kützing (phycol. general. 60) die Theilung der Zellen in Beziehung auf die Algen für einen allgemeinen Vorgang erklärt und eine grosse Anzahl von Beispielen aus verschiedenen Abtheilungen dieser Familie für denselben

angeführt. Nach seiner Angabe beginnt die Theilung nicht in der eigentlichen Zellmembran (Kützing's Gelinzelle), sondern mit einer Sonderung der von ihm als Amylidzelle bezeichneten inneren Membran mit ihrem polygonimischen Inhalte, welche Sonderung sich anfangs nur durch einen sehr feinen lichten Streifen kund giebt, endlich aber deutlicher wird, indem sich (bei den Conferven) zuletzt eine Gelinscheidewand an dieser Stelle entwickelt. Ueber den näheren Hergang bei der Bildung sowohl der Amylid- als der Gelinscheidewand wird nichts angegeben.

Während die Angaben der genannten Phytotomen eine Bestätigung und Erweiterung meiner Beobachtungen enthalten, so wurden gegen dieselben von andern Seiten her Ausstellungen erhoben, und namentlich trat Nägeli (Zeitschr. für wissenschaftl. Botanik I. 88.) entschieden gegen die von mir gegebene Darstellung einer allmähligen Bildung der Scheidewände bei *Conferva glomerata* auf, worin ihm Schleiden (Grundzüge der wissenschaftl. Botanik. 2te Ausg. I. 306.) beistimmte, indem er glaubte, Nägeli hätte das Irrthümliche in meinen Angaben aufgeklärt. Nach Nägeli's Angabe entstehen die Scheidewände bei *Conferva glomerata* nicht durch eine allmählig von aussen nach innen hineinwachsende Scheidewand, sondern es schnürt sich zuerst die Zelle in Form einer ringförmigen Furche ein, und dann deutet plötzlich eine feine Linie, welche auf die Einfaltungsfurche aufgesetzt ist, die eben entstandene Scheidewand an, welche sich zu gleicher Zeit quer durch den ganzen Zellenraum bildet. Als besondere Gründe gegen das Hineinwachsen einer Scheidewand führt Nägeli hauptsächlich folgende Umstände an; es fehlen alle Beobachtungen über dieses Hineinwachsen, es gebe keine stehenbleibende Zustände einer halb entwickelten Scheidewand, es sei in der Mitte der Querwandung zwischen den Zellen weder ein Porus, noch sonst ein sichtbarer Punkt als Ueberrest der sich verengenden Oeffnung übrig geblieben, es seien die Fälle, in welchen ich eine Zusammenschnürung des grünen Inhaltes der Zellen durch die halbgebildete Scheidewand zu sehen glaubte, von mir falsch gedeutet worden, indem in diesen Fällen die Scheidewand vollständig sei und der grüne Inhalt der beiden durch dieselbe geschiedenen Zellen nur mit der Mitte der Scheidewand in Verbindung stehe, die Art und Weise, wie sich die Scheidewand bilde, lasse sich nicht unmittelbar beobachten, sondern blos aus der Analogie mit andern deutlicher zu beobachtenden Vorgängen, namentlich mit der Entstehung der Pollenzellen, entscheiden. In Beziehung auf diesen Vorgang der Scheidewandbildung hebt Nägeli hauptsächlich hervor, dass die innere Fläche der Zellwandung von *Conferva glomerata* von einer Schleimschichte ausgekleidet sei, welche nach aussen zu glatt, nach innen zu mit Chlorophyllkörnern besetzt sei, und welche sich mit Jod gelb färbe. Diese Schleimschichte (Kützing's Amylidzelle), welche durchaus nicht als eine Membran zu betrachten sei, müsse als das Absonderungsorgan von Zellmembranen betrachtet werden; so lange die Schleimschichte an der Zellmembran anliege, bilden die von ihr abgesonderten Membranen Verholzungsschichten, löse sich die Schleimschichte in Folge von Verletzungen u. s. w. von der Zellwandung ab, so bilden die neuen Membranen an dieser Stelle eine neue Zellmembran, welche in die Verholzungsschichten des unverletzten Theiles der Zelle übergehen. Diese Schleimschichte liege nun auch der Bildung der Querwände zu Grunde. An der Stelle, wo sich eine Querwand bilde, trenne sich nämlich der Zelleninhalt in zwei Parthien, aus den beiden Hälften des Zelleninhaltes werde Schleim ausgeschieden, welcher zuerst in der Form einer dünnen Querwand

erscheine, aber nothwendigerweise schon von Anfang an aus zwei Lamellen bestehen müsse, weil der Ursprung der Schleimschichte ein doppelter sei. Indem nun diese neugebildeten, sich quer durch den Zellenraum erstreckenden Schleimschichten, wie der übrige die Zellwandung auskleidende Theil derselben, Membranen absondern, so werde hiedurch nicht blos eine, die frühere Zelle in ihrer Mitte theilende Scheidewand, sondern es werden zwei neue Zellen gebildet, welche den Inhalt der früheren Zelle, die nun zur Mutterzelle geworden sei, einschliessen.

Ich selbst hatte seit dem Erscheinen der angeführten Dissertation die Zellentheilung von *Conferva glomerata* zu wiederholtenmalen zum Gegenstande meiner Beobachtungen gemacht, und hatte diesen Gegenstand namentlich in Folge meiner Arbeiten über den Primordialschlauch und die mit diesem Gebilde im Zusammenhange stehende Theilung der Zellen der Phanerogamen (bot. Zeitung. II. 273) wieder aufgenommen, indem mir die genannte Pflanze unter den Süsswasseralgen am geeignetsten zur Verfolgung des in Rede stehenden Vorganges zu sein schien, und ich mir von der genaueren Untersuchung einer einzigen Art einen grösseren Gewinn, als von zerstreuten, an vielen Arten angestellten Untersuchungen versprach. Das Resultat dieser Beobachtungen ist folgendes.

Bei *Conferva glomerata*[1]) sind die linienförmig aneinander gereihten Zellen, aus welchen der Stamm und die Aeste bestehen, von einer zusammenhängenden, röhrenförmigen Hülle eingeschlossen, welche sich an den Spitzen des Stammes und der Aeste in demselben Verhältnisse, wie diese in die Länge wachsen, vergrössert und die etwas verengten Gliederungen (fig. 2. *d. d*) der Fäden brückenförmig überspringt, so dass sich an diesen Stellen ein ringförmiger, mit Flüssigkeit gefüllter Intercellulargang findet. Diese Hülle stellt ihrer ganzen Structur nach eine colossale, verästelte Zelle dar. Ihre Wandung zeigt bei Einwirkung von Säuren eine Auflockerung und lässt in diesem Zustande eine Zusammensetzung aus vielen übereinanderliegenden dünnen Blättern (Fig. 5. *b.* fig. 14. *c*) erkennen. Jod färbt dieselbe gelblich; bei Einwirkung von Säuren auf die von Jod durchdrungene Zellwandung tritt die unter diesen Umständen sonst gewöhnlich entstehende blaue Färbung nicht ein. Auf der Oberfläche besitzt diese Hülle einen dünnen Ueberzug von einer glatten, schlüpferigen Substanz, welche auf die Einwirkung von Säuren eine häufig unregelmässige und weit bedeutendere Auflockerung, als die Zellmembran selbst erleidet (fig. 5. *a.* fig. 8. *a.* fig. 9. *a*, fig. 14. *d*).

Die Wandungen der von der Hülle eingeschlossenen Zellen zeigen auf die Einwirkung von Säuren ebenfalls eine blätterige Structur. Die Ablagerung von neuen Verdickungsschichten dauert, wenn vielleicht auch nicht ununterbrochen das ganze Leben der Pflanze hindurch, doch jedenfalls eine geraume Zeit lang fort, wesshalb die an der Basis der Pflanze befindlichen älteren Zellen mit weit dickeren Wandungen (fig. 13. *a*), als die an der Spitze gelegenen jüngeren Zellen versehen sind.

Die innere Fläche dieser Zellen ist ziemlich dicht mit Chlorophyll überzogen, dessen Körner nicht ganz ordnungslos zerstreut, sondern in einer Art von unregelmässigem Netze vertheilt sind (fig. 2. 3. 4.).

1) Es ist vielleicht nicht überflüssig, zu bemerken, dass meine Untersuchungen nur an der Süsswasserform angestellt sind.

Die Einwirkung von Säuren, Alkohol, Jodtinctur, namentlich aber die weiter unten zu beschreibenden Vorgänge bei der Theilung der Zellen lassen erkennen, dass das Chlorophyll nicht unmittelbar an der inneren Zellenfläche anliegt, sondern dass die Zellwandung zunächst von einer dünnen, feinkörnigen Membran von etwas gelblicher Farbe, welche sich mit Jod dunkelgelb färbt, ausgekleidet ist (fig. 8. *c*. fig. 9. *c*.) Diese Membran ist das von Kützing mit dem Namen der Amylidzelle, von mir mit dem Ausdrucke des Primordialschlauches bezeichnete Organ; dass dasselbe eine wahre Membran von einem ziemlich festen Zusammenhalte und nicht blos eine formlose Schleimschichte ist, davon kann man sich hauptsächlich bei den mit der Vermehrung der Zellen verbundenen Vorgängen überzeugen. An der Spitze der endständigen Zellen (fig. 2. *b*) liegt diese Membran häufig nicht vollkommen an der Zellwandung an, was dagegen bei den älteren Zellen durchaus der Fall ist. In der frischen Pflanze liegt das Chlorophyll genau an dem Primordialschlauche an, allein in vielen Fällen, namentlich auf die Einwirkung von Säuren und Alkohol und ebenso beim Vermehrungsprocess der Zellen zieht sich das Chlorophyll in dem Primordialschlauche unter der Form einer zusammenhängenden, grünen Masse zusammen (fig. 8. *d*. fig. 9. *d*.), wobei es häufig den Anschein hat, als wäre es von einer eigenen Membran umschlossen; es gelang mir jedoch nicht, Umstände aufzufinden, welche für die wirkliche Existenz einer solchen beweisend gewesen wären. Es beweist diese Erscheinung jedenfalls, dass die Chlorophyllkörner nicht in die Substanz des Primordialschlauches eingebettet sind. Bei der scharfen Begrenzung, welche in solchen Fällen der Primordialschlauch zeigt, kann ich die Angabe von Nägeli (*l. c.* 96.), dass die Schleimschichte nur nach aussen eine glatte und scharfe Begrenzung habe, nach innen dagegen mehr oder weniger unregelmässig sei, Vorsprünge und Vertiefungen bilde und sich häufig allmählig in den flüssigen Inhalt verliere, nicht für richtig halten.

Ueber das Wachsthum der Pflanze, welches auf Verlängerung der terminalen Zelle und Bildung einer Querwandung in ihrer Mitte beruht, so wie über das Hervorsprossen der Aeste aus dem oberen Ende der Zellen des Stammes habe ich schon oben das Nöthige angeführt und will hier nur bemerken, dass in Beziehung auf die Bildung der Aeste zuweilen kleinere Abweichungen vorkommen, so ist es z. B. nicht ganz selten, dass sich die Querwandung nicht an der Grenze zwischen dem Aste und der Zelle des Hauptstammes, sondern unterhalb der Insertion des Astes quer durch die Stammzelle bildet, oder dass in andern Fällen in der Endzelle des Stammes die Bildung der Querwandung retardirt ist, so dass sie die drei- und mehrfache Zellenlänge erreicht und noch ehe sich Querwände in derselben bilden, auf ihren Seiten die Aeste (fig. 11. *a*. *b*) hervorzusprossen beginnen.

Untersucht man die Bildung der Querwände in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen, so findet man, dass dieselbe mit einer schwachen Zurückziehung der Chlorophyllmasse (fig. 3. *a*) beginnt, so dass auf den ersten Blick die Zelle an dieser Stelle von einer ringförmigen Furche eingeschnürt zu sein scheint. Eine genauere Beobachtung zeigt dagegen, dass an dieser Einschnürung die äussere Hülle und die Zellwandung keinen Antheil nehmen. Diese Zurückziehung der Chlorophyllmasse gegen das Centrum der Zelle nimmt mehr und mehr zu (fig. 2. *c*. fig. 15. *a*) und nun sieht man deutlich, dass der Primordialschlauch sich an dieser Stelle nicht von der Zellwandung losgelöst hat, sondern dass von demselben in der Mitte der scheinbaren

Furche eine ringförmige Scheidewand gegen das Innere der Zelle hin, einwärts vorspringt, und dass die Chlorophyllmasse durch diese Scheidewand gleichsam zusammengeschnürt wird. Diese Scheidewand sieht man, wenn sie einmal eine gewisse Ausbildung erreicht hat, an der Wandung der Zelle in Form einer zarten kreisförmigen Linie verlaufen. Schon an der vollkommen frischen Zelle kann man aus der Richtung der Chlorophyllkörner und aus dem in der Einschnürung stattfindenden deutlichen Zusammenhange der in beiden halbgetrennten Abtheilungen liegenden Chlorophyllmassen ersehen, dass diese Scheidewand nicht vollständig ist, sich nicht durch die ganze Zelle in querer Richtung erstreckt, sondern eine blos ringförmige Gestalt hat. Genauere Kenntniss über ihre Beschaffenheit kann man sich nur durch die Anwendung von Substanzen, welche verändernd auf den Zelleninhalt einwirken, verschaffen. Hier tritt aber wegen der grossen, (um mich so auszudrücken) Empfindlichkeit des Zelleninhaltes eine bedeutende Schwierigkeit ein. Die Einwirkung von Säuren veranlasst nämlich, wenn sie auch in bedeutender Verdünnung angewendet werden, gewöhnlich eine starke Contraction des Inhaltes von den Seiten her, wodurch derselbe gegen die zartwandige Spitze der Zelle hingedrängt und durch einen Riss derselben zu theilweisem Ausfliessen gebracht wird, was mit einer mehr oder weniger starken Verbiegung und Verunstaltung der Scheidewand verbunden ist. Am besten entgeht man diesem Uebelstande, wenn man zuerst Alkohol auf die Pflanze einwirken lässt, bis sich ihre Zellen in Folge der eintretenden Exosmose contrahiren, alsdann die Pflanze wieder in Wasser aufquellen lässt und nun eine schwache Säure, z. B. Essigsäure anwendet. In Folge dieses Verfahrens contrahirt sich die Chlorophyllmasse (fig. 8. *d.* fig. 9. *d*) im Primordialschlauche (fig. 8. *c.* fig. 9. *c*) und es ist nun mit der grössten Deutlichkeit zu sehen, dass ihre beiden Hälften an dem verengten Isthmus noch in vollständigem Zusammenhange mit einander stehen. Ferner erkennt man am Primordialschlauche, welcher sich ebenfalls contrahirt, dass derselbe an der Stelle, an welcher die ringförmige Scheidewand lag, eine Einfaltung nach innen zeigt, dass folglich die Scheidewand aus einer Duplicatur desselben gebildet ist, deren beide Blätter in Folge der Einwirkung der Säure auseinander weichen. Es ist nicht selten, wie dieses fig. 9. darstellt, dass die eine Hälfte dieser Duplicatur in Folge der durch die Einwirkung des Alkohols und der Säure im Zelleninhalte hervorgerufenen Bewegungen in Trichterform umgestülpt wird, allein auch in diesem Falle kann über das wahre Verhältniss der Einfaltung und über den Zusammenhang des Primordialschlauches in der Einfaltung kein Zweifel stattfinden.

In einzelnen Fällen sieht man auch an der frischen Pflanze die beiden Blätter der Scheidewand, wenigstens an ihrem äusseren Umfange, von einander abstehen; ohne Zweifel ist dieses ein Uebergang zu den später eintretenden Erscheinungen.

An den bisher beschriebenen Vorgängen nimmt die Zellwandung, wie bemerkt, keinen Antheil; sie verlauft über die Furche geradlinigt (vgl. fig. 8. 9. 15.) und die vom Primordialschlauche gebildete ringförmige Scheidewand legt sich rechtwinkligt und, mit Ausnahme des zuletzt angeführten Falles, ohne jede Spur eines Intercellularganges an die Zellwandung an. Nun ändert sich aber dieses Verhältniss. Man findet nämlich an andern Gliedern, welche man in der Entwicklung für weiter vorgeschritten erklären muss, an welchen jedoch ebenfalls die Chlorophyllmasse beider Zellenhälften in der Einschnürung noch zusammenhängt, die

unvollständige Scheidewand in ihrem äusseren Umfange vollkommen der vollendeten Scheidewand ähnlich, indem sich an dieser Stelle ein Intercellulargang findet und die Seitenwandungen der in der Abschnürung begriffenen Zellenhälften unmittelbar in die Scheidewand übergehen (fig. 7. *a*). Auch in diesen Fällen zeigt die Anwendung einer Säure mit der grössten Bestimmtheit, dass die Scheidewand noch unvollständig ist (fig. 4. *a*). Der Zelleninhalt verhält sich wie in den vorher betrachteten Fällen, allein es kommt nun hinzu, dass die Zellwandung eine in die Einfaltung des Primordialschlauches hineinragende Fortsetzung bildet, welche sich bei Einwirkung von Säure ausdehnt und als eine mehr oder weniger tiefe, zusammenhängende, ringförmig einwärts springende Falte zu erkennen giebt, deren Blätter vor der Einwirkung der Säure nur am äussersten Rande auseinanderklafften und in Verbindung mit der äusseren Hülle den Intercellulargang umschlossen.

Endlich treffen wir Fälle, in welchen die Abschnürung allem Anscheine nach erst seit kurzer Zeit vollständig geworden ist. Nach Einwirkung einer Säure zeigen sich die Primordialschläuche beider Abtheilungen (fig. 5. *d. d*) vollkommen geschlossen und ebenso die Zellwandungen (fig. 5. *c. c*), die sich nun von einander im Gelenke ablösen, mit geschlossenen blinden Endigungen. An der Stelle, wo die Querwandung der beiden Zellen sich an die cylindrische, äussere Hülle anschliesst, schliesst sie sich mit einer abgerundeten Kante (fig. 10. *c*) an dieselbe an, wobei es deutlich ist, dass sich die Querwandung nicht mit ihrem Rande an die äussere Zelle anlegt, sondern in die innerste Schichte derselben, welche den ganzen Primordialschlauch umhüllt, übergeht. Es ist dieses zwar in den meisten Fällen nur daran sichtbar, dass die äussere Wandung, so weit sie den Intercellulargang nach aussen zu begrenzt (fig. 10. *c*), dünner ist, als längs der beiden aus der Theilung hervorgegangenen Zellen (fig. 10. *b. b*), in einzelnen Fällen kommt es aber auch vor, dass sich die Fortsetzung der Scheidewand von der äusseren Wandung des Fadens entweder nur stellenweise (fig. 5. *f.* fig. 10. *d*) oder auch vollständig ablöst, wo dann kein Zweifel ist, dass die Scheidewand einen Theil einer vollständigen Zellmembran bildet.

Versuchen wir eine Deutung dieser Beobachtungen und vergleichen wir dieselben mit den früheren Angaben, so ist zunächst meine Darstellung vom Jahre 1835 ins Auge zu fassen. Ich hatte damals den Vorgang der allmähligen Abschnürung unzweifelhaft gesehen, und kann in meinen späteren Beobachtungen nur eine Bestätigung dieses Vorganges erblicken, dagegen übersah ich früher den Primordialschlauch, von dessen Existenz und von dessen Bedeutung für die Zellbildung ich in der damaligen Zeit so wenig, als irgend ein Anderer, eine Ahnung hatte. Ich glaubte desshalb es gehe die Bildung der Scheidewand unmittelbar von der Zellwandung aus. Meine Beobachtungen waren daher zwar nicht vollständig, aber sie waren nicht falsch.

Nach den oben erzählten Beobachtungen muss ich den Vorgang der Zellentheilung bei *Conferva glomerata* nun auf folgende Weise deuten. Das Ende des Fadens besteht aus der allgemeinen Hülle und aus der mit ihr verwachsenen Membran der terminalen Zelle. An der Stelle, wo die Theilung eintritt, bleiben diese beiden Membranen völlig unverändert, sie bilden später die äussere Begrenzung des an dieser Stelle sich bildenden Intercellularganges und alle bei der Entstehung der Scheidewand bemerkten Vorgänge gehen

im Innern der Zelle vor sich. Es bestehen dieselben zunächst in der ringförmigen Einfaltung des Primordialschlauches, welche nach innen zu vorschreitend den Zellenraum und Zelleninhalt allmählig in zwei Theile abschnürt. Ehe diese Abschnürung vollendet ist, beginnt auf der ganzen Oberfläche des Primordialschlauches die Bildung einer neuen Zellenmembran, welche an der Abschnürungsstelle die Falte des Primordialschlauches auskleidet und zur Bildung eines Intercellularganges und einer vorläufig noch unvollständigen Querwand Veranlassung giebt. Was ausserhalb dieses Intercellularganges liegt (äussere Hülle und Membran der ungetheilten Zelle) ist von nun an äussere Hülle im Verhältnisse zu den sich neu bildenden Membranen der sich theilenden Zelle. Nach völliger Abschnürung des Primordialschlauches bilden die neuen Membranen vollständig geschlossene Schläuche, welche als Wandungen der neuen Zellen auftreten. Der Zeitpunkt, in welchem nach begonnener Einschnürung des Primordialschlauches die Bildung der Zellmembran beginnt, lässt sich nicht mit Bestimmtheit ausmitteln, indem die Ablagerung eine gewisse Dicke erreicht haben muss, ehe sie sichtbar wird. Bei normalem Vorgange des Theilungsprocesses scheint die Zellmembran vor der völligen Abschnürung des Primordialschlauches nur eine geringe Dicke zu erreichen, denn man findet häufig die Membran der schon vollkommen getrennten Zellen noch dünnwandig (fig. 5. *c. c*). In einzelnen Fällen kommt dagegen bereits vor vollendeter Abschnürung eine ziemlich starke Ablagerung neuer Membranen vor, und es bildet die in der Einschnürung liegende Fortsetzung der Zellmembran eine dicke Haut (fig. 6. *a*. fig. 12. *b*. Mit Säure behandelt fig. 14. *b*). Ob in diesen Fällen der Entwicklungsgang ein vollkommen normaler ist, hieran möchte ich beinahe zweifeln; es scheinen diese Fälle einer Störung des Abschnürungsprocesses des Primordialschlauches bei fortdauernder Membranenbildung ihre Entstehung zu verdanken zu haben, auch muss ich bemerken, dass ich diese Formen der Gelenkbildung nur selten bei frisch aus fliessendem Wasser eingesammelten Exemplaren fand, sondern vorzugsweise bei solchen, welche ich einige Tage lang zu Hause in zwar frischem, aber stehendem Wasser aufbewahrt hatte, bei welchen vielleicht in Folge der veränderten äussern Umstände der Vegetationsprocess eine Störung erlitten hatte.

Gehen wir zur Betrachtung von Nägeli's Angaben über, so erkannte dieser allerdings den Primordialschlauch, bildete sich aber, wie ich glaube, eine unrichtige Vorstellung von demselben, indem er ihm die Eigenschaften einer Membran vollständig absprach. Es erscheint aber derselbe unter der Form einer zusammenhängenden Membran nicht blos bei andern Pflanzen, namentlich bei *Zygnema*, sondern ebenfalls bei *Conferva glomerata*, indem er bei der Bildung der Scheidewand nicht, wie Nägeli angiebt, als die äusserste Grenze einer Schleimschichte, an deren innerer Seite die Chlorophyllkörner angeheftet sind, sondern in ganz isolirter Form unter Gestalt einer Membran auftritt, welche selbstständig und ohne dass der übrige feste Zelleninhalt an ihrer innern Seite anliegt, eine sich mehr und mehr verengende Einfaltung bildet und die Chlorophyllmasse zusammenschnürt, als wäre ein Faden um dieselbe herumgelegt. Hauptsächlich ist aber gegen Nägeli's Darstellung einzuwenden, dass er die allmählige Ausbildung der Scheidewand von aussen nach innen läugnet und glaubt,

es trete zu gleicher Zeit quer durch den ganzen Zellenraum eine Trennung der Chlorophyllmasse ein, es bilde sich an der Trennungsstelle zugleich und plötzlich eine doppelte Schleimschichte, zwischen deren Blättern die Scheidewand abgesondert werde. Ich glaube nach den oben gegebenen Nachweisungen über die allmählige Ausbildung der Scheidewand nicht nöthig zu haben, auf eine specielle Widerlegung dieser Darstellung einzugehen. Einen nicht aufzulösenden Widerspruch zwischen Nägeli's Angaben und dem Ergebnisse meiner Untersuchungen finde ich ferner darin, dass Nägeli zu finden glaubte, die Gelenkbildung beginne mit einer ringförmigen Einfaltung der Membran der sich theilenden Zelle, auf welche Einfaltung später die dünne Scheidewand aufgesetzt sei. Wenn dem so wäre, so müssten die beiden aus der Theilung hervorgehenden Zellen von einer gemeinschaftlichen Membran, welche an der Grenze der Zellen eine Einfaltung zeigen würde, und zwischen welcher und der allgemeinen Hülle der Intercellulargang verlaufen müsste, umschlossen sein. Von einer solchen Membran ist aber nach geschehener Theilung keine Spur zu finden (vgl. die in fig. 4. *b* und fig. 10. *c* dargestellten Gelenke, an welchen sich auf Einwirkung von Säure die Zellen von einander trennten) und ebenso wenig beginnt, wie aus dem oben angeführten erhellt, die Theilung mit einer Einfaltung der Zellmembran. Richtig aufgefasst ist dagegen von Nägeli das Verhältniss des Primordialschlauches zur Bildung der Zellwandung und namentlich die Auseinandersetzung, dass so lange die Zelle noch nicht getheilt ist, die sich neu bildenden Membranen Verdickungsschichten der allgemeinen Hülle bilden, dagegen nach der Theilung als die besonderen Membranen der beiden neu entstandenen Zellen auftreten. Ueber diesen Punkt mag jedoch eine weitere Bemerkung nicht überflüssig sein. Wenn meine obigen Beobachtungen richtig sind, so muss bei der allmähligen Ausbildung der Scheidewand zwischen dem Zustande, in welchem die neugebildeten Membranen der noch völlig ungetheilten Zelle sich an die allgemeine Hülle als Verdickungsschichten von dieser anlegen, und zwischen dem Zustande, in welchem sie als geschlossene Zellmembranen der getheilten Zelle auftreten, ein Mittelzustand liegen, während dessen sich die neugebildeten Membranen in der Einfaltung des Primordialschlauches (fig. 4. *a.* 6. 12. 14.) ablagern, also schon den Anfang zu der Bildung der Membran beider Tochterzellen bilden, allein bei der noch nicht vollständig geschehenen Theilung diesen beiden Zellen gemeinschaftlich sind. Wie nun dieser Theil der Membran sich nach vollendeter Bildung der Scheidewand verhält, war mir durch directe Beobachtung auszumitteln nicht möglich. Gegen die Annahme, dass diese Membranen stationär bleiben und dass die später abgelagerten Membranen in demselben Verhältnisse, wie die Abschnürung des Primordialschlauches weiter fortschreitet, weiter gegen das Centrum der Scheidewand einwärts reichen, bis eine vollständige Abschliessung erfolgt, spricht der Umstand, dass nach vollendeter Bildung der Scheidewand auf Einwirkung von Säuren sich beide Zellen (fig. 4. *b.* fig. 10. *c*) leicht und ohne Zerreissung einer ihre Enden verbindenden Membran von einander trennen[1]). Dieser Vorgang wäre offen-

1) Anmerk. Da sich immer bei der Behandlung von erst kürzlich gebildeten Gelenken die Zellen ganz rein von einander ablösen, so kann offenbar der in fig. 13. *d.* dargestellte Zustand, den ein altes Gelenk auf Einwirkung von Säure zeigte, nicht als ein Beweis für das Vorhandensein einer solchen beiden Zellen gemeinschaftlichen Membran gehalten werden, sondern die zwischen den Zellen im erweiterten Intercellu-

bar nicht möglich, wenn die äusseren Schichten der Zellmembran am innern Winkel des Intercellularganges von einer Zelle auf die andere übergehen würden. Es erscheint daher als das Wahrscheinlichste, dass die Einfaltung der Zellmembran, welche in der Duplicatur des Primordialschlauches liegt, mit der Zusammenziehung von dieser ebenfalls gegen das Centrum der Zelle unter Verengerung der centralen Oeffnung bis zur völligen Abschliessung der letztern weiter fortschreitet, worauf auch eine Vergleichung der in fig. 4. *a.* fig. 6. und fig. 12. dargestellten Fälle hinweisst.

larraume unregelmässig verlaufenden Fasern oder Membranen sind wohl nichts anders, als Theile der Zellmembran, welche wegen starker Verwachsung beider Zellen untereinander beim Aufquellen und bei der theilweisen Lostrennung der Zellen von einander aus ihrer natürlichen Verbindung gezogen wurden.

XXVIII.

Ueber die Reizbarkeit der Blätter von Robinia.

(Aus der Flora. 1832. II.)

Nicht leicht fesselt irgend eine Erscheinung des vegetabilischen Lebens die Aufmerksamkeit in so hohem Grade, als die Eigenschaft mancher Pflanzentheile, in Folge eines äusseren Reizes sichtbare Bewegungen vorzunehmen, indem man sich bei Betrachtung dieser Erscheinung kaum enthalten kann, an eine Analogie mit den thierischen Bewegungen zu denken, und in diesem Gefühle für die Eindrücke der Aussenwelt die Andeutungen eines höhern Lebens zu finden, als man sonst den Pflanzen zuzuschreiben sich für berechtigt hält.

Ich brauche nicht daran zu erinnern, auf wie vielfache Weise die Physiologen das Wesen dieser Erscheinung zu erklären versuchten und wie fruchtlos ihre Bemühungen gewesen waren; und wenn es nun auch scheint, als sei durch die Entdeckungen von Dutrochet der geheimnissvolle Schleier ein wenig gelüftet und uns vergönnt, einen Schritt weiter in der Erkennung der Art und Weise, wie diese Bewegungen vor sich gehen, und in der Bestimmung des anatomischen Systemes, welches sich bei ihnen thätig zeigt, vorzudringen, so ist dennoch nicht zu läugnen, dass unsere Kenntniss von den Irritabilitätsäusserungen des Pflanzenreiches noch höchst mangelhaft ist, und dass die Pflanzenphysiologie in Beziehung auf diesen Punkt noch weit gegen die thierische Physiologie zurücksteht, welche schon längst nicht nur das bei den Bewegungen der Thiere thätige System, sondern auch die Art und Weise, wie diese Bewegungen vor sich gehen, und die näheren Umstände, welche die Aeusserungen der thierischen Irritabilität bedingen oder verhindern, klar erkannt hat.

Ein Hauptgrund dieser Mangelhaftigkeit in unserer Kenntniss der vegetabilischen Irritabilitätserscheinungen mag in der Seltenheit derselben liegen. Wir kennen nur einzelne, isolirt an den verschiedensten Organen sich zeigende Erscheinungen dieser Art; es wurden dieselben mehr als sonderbare, nur einzelnen Theilen ausnahmsweise zukommende Eigenthümlichkeiten betrachtet und führten desshalb nicht zu der An-

nahme, dass die Reizbarkeit eine, einem gewissen Systeme constant inwohnende Kraft sei, wie dieses die thierische Physiologie von der Muskelfaser nachgewiesen hat. Ein anderer Umstand, welcher die nähere Einsicht in das Wesen dieser Erscheinung ebenso bedeutend hinderte, liegt in der zu weit getriebenen Analogie, die man zwischen der Irritabilität des vegetabilischen und der des thierischen Organismus zu finden glaubte, indem man sich der Ansicht nicht erwehren konnte, dass bei den irritabeln Bewegungen der Gewächse ebenfalls Fasern thätig seien und dass dieselben durch Contraction wirken.

Nachdem die von Treviranus u. A. bestätigten Versuche Dutrochet's an *Mimosa* bewiesen haben, dass die vegetabilische Reizbarkeit auf Expansion des parenchymatosen Zellgewebes beruhe (ein Resultat, welches ich bei meinen Versuchen an den Ranken vollkommen bestätigt fand), so lässt sich, wenn wir manche andere, weniger auffallende Erscheinungen hinzurechnen, mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass der Mangel an Reizbarkeit, den wir bei der bei weitem grössten Mehrzahl der Gewächse beobachten, nur scheinbar ist, dass das parenchymatose Zellgewebe im allgemeinen mit Reizbarkeit begabt, dass dieselbe hingegen in Folge von übermächtiger Entwicklung und Starrheit, oder ungünstiger Anlagerung der Holzbündel in ihrer Aeusserung gehemmt und unterdrückt ist.

Es ist nicht daran zu zweifeln, dass eine genauere Beobachtung uns eine grosse Menge von Beispielen, wo die angegebenen Hindernisse schwächer sind, und die Erscheinungen der Irritabilität sich mehr oder weniger deutlich entwickeln und in mannigfachen Modificationen sich zeigen können, nachweisen wird; es wird uns vielleicht alsdann, wenn eine grössere Anzahl von Thatsachen vorliegt, und wir dieselben vergleichend prüfen können, gelingen, tiefer, als es bisher gelang, in das Wesen dieser Erscheinung einzudringen.

Es wird vielleicht in dieser Hinsicht die Mittheilung einiger Beobachtungen über die Irritabilität der Blätter von *Robinia*, auf welche ich vor einigen Jahren von Herrn Prof. Autenrieth in Tübingen aufmerksam gemacht wurde, nicht ohne Interesse sein; zugleich können dieselben als Beweis dienen, wie leicht solche Bewegungen selbst an Gewächsen, welche wir täglich vor Augen haben, völlig übersehen werden, wenn sie minder rasch und lebhaft vor sich gehen.

Die Blätter von *Robinia Pseudo-Acacia, viscosa* und *hispida* (nicht aber die von mir untersuchten Arten von *Caragana*) zeigen insoferne eine sehr deutlich ausgesprochene Reizbarkeit, als die Fiederblättchen der am Tageslichte ausgebreiteten Blätter, wenn der Zweig, an welchem die Blätter sitzen, einigemal rasch geschüttelt wird, sich rückwärts biegen und mit den untern Flächen sich paarweise aneinander legen, also dieselbe Lage annehmen, wie während des Schlafes.

Es unterscheidet sich diese Reizbarkeit der Robinienblätter von der von *Mimosa pudica* dadurch, dass sich diese Bewegung nur auf die Fiederblättchen und nicht auf das ganze Blatt erstreckt, dass sie mit grosser Langsamkeit vor sich geht und nicht auf alle Reize, welche bei *Mimosa* wirksam sind, eintritt; lauter Umstände, welche bei *Robinia* einen niedern Grad von Erregbarkeit beurkunden.

Unter den verschiedenen Reizen, welche die Blätter von *Mimosa* zum Zusammenlegen bestimmen, wirkt mechanische Erschütterung am kräftigsten, und diese ist, so viel ich bis jetzt fand, auch das einzige

Mittel, um die Blätter von *Robinia* zu den beschriebenen Bewegungen zu reizen, wenigstens waren die Versuche, denselben Erfolg durch Brennen mit Zunder oder mittelst eines Brennglases, oder durch Verwundung, oder durch Galvanismus zu erlangen, vergeblich. Die Erschütterung muss ferner rasch und stossweise geschehen, denn eine sanftere, hin und her schwingende Bewegung eines Astes bleibt ohne Wirkung, dagegen wird die Wirkung auch nicht durch längeres Schütteln beschleunigt.

Die Bewegung der Blättchen ist, wie schon angeführt, weit langsamer als bei *Mimosa pudica* oder bei *Dionaea*, sie geschieht so allmählig, dass man dieselbe nicht unmittelbar mit dem Auge verfolgen, sondern nur aus der veränderten Stellung der Blättchen nach Verfluss einiger Zeit bemerken kann, indem immer einige Minuten verfliessen, bis die Blättchen ihre grösste Senkung erreicht haben. Nicht immer senken sich dieselben so weit abwärts, dass sie sich mit der untern Fläche an die gegenüberstehenden Blättchen anlegen, sondern häufig durchlaufen sie nur einen Theil dieses Wegs.

Nachdem die Blättchen einige Zeit in der tiefsten Stellung verweilt haben, erheben sie sich wieder, aber ebenfalls sehr langsam, bis sie wieder flach ausgebreitet liegen; eine neue Erschütterung bringt alsdann dieselbe Wirkung wieder hervor.

Bei den Blättern von *Mimosa pudica* überwiegen die Bewegungen, welche sie in Folge ihrer Reizbarkeit vornehmen, diejenigen, welche Folge des Wachens und Schlafens sind, indem einentheils sich die Blätter auch beim hellsten Sonnenscheine auf einen angebrachten Reiz zusammenfalten und der Blattstiel sich senkt, anderntheils der Blattstiel, wenn er während des Schlafes der Pflanze aufrecht steht [1]), sich auf Berührung rasch abwärts biegt, bei den Blättern von *Robinia* hingegen wird die Reizbarkeit von den Einflüssen, welche ein starkes Aufwärtsbiegen der Fiederblättchen bedingen (Sonnenschein und stärkere Wärme) überwältigt, daher gelingt der Versuch die Blättchen durch Schütteln zum Schliessen zu bringen nicht, wenn die Blätter unmittelbar von der Sonne beschienen werden.

Das wulstförmige Blattstielchen, mittelst dessen die Fiederblättchen am gemeinschaftlichen Blattstiele befestigt sind, hat denselben Bau, wie der Wulst, welcher sich an der Basis der Blattstiele von *Mimosa* findet, indem die, im Blattstiele selbst getrennten und der Peripherie genäherten, Gefässbündel in einen dünnen centralen Strang vereinigt und von einer grossen Masse parenchymatosen Zellgewebes umgeben sind.

1) Der Blattsiel von *Mimosa pudica* ist nämlich während des tiefen Schlafes der Pflanze nicht, wie gewöhnlich angegeben wird, gesenkt, sondern er nimmt diese Stellung nur Abends beim Uebergange in den Schlaf an, gegen Mitternacht hingegen zeigt der Blattstiel, während die Blättchen geschlossen sind, die entgegengesetzte Lage und ist steil in die Höhe gerichtet.

XXIX.

Untersuchungen

über die

winterliche Färbung der Blätter.

(Dissertation vom Jahr 1837; mit Zusätzen.)

Zu den auffallendsten Erscheinungen des Pflanzenlebens gehören die Farbenveränderungen, welche die Blätter in ihren verschiedenen Lebensperioden erleiden. Die Umwandlung ihrer grünen Farbe in Gelb und Roth beim herannahenden Herbste und vor dem Abfallen der Blätter, die rothe Färbung, welche manche in der ersten Periode ihrer Entwicklung besitzen, der Mangel einer ausgesprochenen Farbe, wenn sie unter dem Ausschlusse des Lichtes aufwachsen, alle diese Umstände fallen so sehr in die Augen, dass sie nicht nur dem Botaniker, sondern Jedem, wenn er auch den Erscheinungen der ihn umgebenden Natur keine besondere Aufmerksamkeit widmet, bekannt sind; für den Botaniker erhielten sie dagegen ein mehrfaches wissenschaftliches Interesse, weil sich bald zeigte, dass die verschiedenen Farbenveränderungen der Blätter immer auch von Umänderungen ihres Lebensprocesses begleitet sind, weil ferner die verschiedenen nicht grünen Farben der Blätter sich in den Farben der Blüthen und Früchte wiederholen und sich auch hierin ein neuer Vergleichungspunkt zwischen den Blättern der Vegetationstheile und den Fructificationstheilen darstellt.

Die folgenden Zeilen haben nicht den Zweck, die Veränderungen zu betrachten, welche die Farbe der nur einen Sommer über lebenden und im Herbste abfallenden Blätter erleidet, welcher Gegenstand schon längst in allen Werken über Pflanzenphysiologie weitläufig erörtert wurde, sondern sie sollen auf einen Umstand aufmerksam machen, welcher bisher der Aufmerksamkeit der Pflanzenphysiologen entgangen zu sein scheint, nämlich auf eine periodische, in jedem Winter bei ausdauernden Blättern sich erneuernde Farbenveränderung, welche ihrem äussern Aussehen nach zwar mit der herbstlichen Färbung der abfallenden Blätter Aehnlichkeit hat, aber nicht, wie bei diesen, ein Zeichen ihres herannahenden Todes ist.

Betrachtet man nämlich im Winter und Frühjahre, sobald der Schnee weggeschmolzen ist, die im Freien stehenden Gewächse, so wird man finden, dass bei einer weit grössern Anzahl derselben, als man ge-

wöhnlich wohl glaubt, die Blätter nicht abgestorben sind, sondern bei zurückkehrender Wärme wieder zu frischem Leben erwachen; zugleich aber wird man finden, dass bei den meisten dieser ausdauernden Blätter die grüne Farbe, welche sie während des Sommers besitzen, mehr oder weniger verändert ist und allmählig wieder in den Frühlingsmonaten zur sommerlichen Färbung zurückkehrt.

Bei einigen immergrünen Gewächsen nimmt die Farbe der Blätter während des Winters einen auffallend schmutzig gelben Ton an, so dass man die Blätter leicht für halb abgestorben halten könnte, wenn dieselben nicht im Frühjahr wieder vol kommen grün werden würden. Es findet dieses in auffallendem Grade bei den Coniferen statt, bei den verschiedenen Arten von *Pinus, Abies*, bei *Taxus, Thuja, Juniperus*, besonders *Juniperus Sabina*. Es scheint, dass auf diese Farbenumänderung der mehr oder weniger günstige Standort und Boden Einfluss hat, und dass dieselbe stärker hervortritt, wenn diese Gewächse in dem für sie weniger günstigen Kalkboden, als wenn sie in einem mit Quarzsand gemischten Boden stehen, wenigstens schien mir diese gelbe Färbung weit stärker in der Gegend von München hervorzutreten, als auf der Keuperformation von Württemberg und auf der Molasse der Schweiz; stärker, wenn die Bäume einzeln und dem Winde ausgesetzt, als wenn sie im geschlossenen Walde stehen.

Untersucht man diese missfarbigen Blätter der Coniferen anatomisch, so wird man in ihnen keine andere Abweichung von dem Baue, den sie im Sommer besitzen, finden, als dass ihr Chlorophyll mehr gelblich und weniger sattgrün gefärbt ist, wie man leicht erkennen kann, wenn man einen dünnen Längenschnitt eines solchen Blattes, welches seine grüne Farbe erhalten hat (denn es können an demselben Baume einzelne Zweige sich vollkommen grün erhalten haben), mit dem eines entfärbten Blattes unter das Mikroskop legt.

Weit gewöhnlicher, als in diese gelbe Farbe, findet man das Grün der Blätter in Braun oder Roth verwandelt, oder es ist wenigstens ein röthlicher Farbenton über das Grün verbreitet. So verschieden auch das Aussehen der Blätter verschiedener Pflanzen oder auch der Blätter desselben Exemplars ist, so zeigen doch die Untersuchungen, dass allen diesen verschiedenen Farbenabänderungen dieselbe Ursache zum Grunde liegt, nämlich die Bildung eines purpurrothen Pigmentes, welches neben der grünen Farbe sich im Blatte findet, und je nach der grössern oder geringern Menge, in der es vorhanden ist, oder nach seiner verhältnissmässigen Lage zu den grünen Theilen das Blatt mehr oder weniger mit seiner Farbe tingirt, oder durch eine Mischung mit dem ursprünglichen Grün des Blattes demselben einen braunen Farbenton ertheilt.

Bekanntlich zeigen die Blätter mancher Pflanzen auf eine ähnliche Weise das ganze Leben hindurch eine rothe oder eine braune Farbe; so besitzen z. B. die Blätter vieler Arten von *Cyclamen, Saxifraga*, von *Tradescantia discolor* etc. auf der untern Seite eine rothe Farbe, die Blätter der *Fagus sylvatica β purpurea*, der *Dracaena ferrea*, *Atriplex hortensis rubra*, *Beta vulgaris rubra* etc. auf beiden Seiten eine braunrothe Farbe, welche davon herrührt, dass bei den mit einer lebhafter roth gefärbten Unterfläche versehenen Blättern die rothe Farbe vorzugsweise in der Epidermis sich findet und ziemlich gesättigt ist und desshalb das unterliegende grüne Parenchym ziemlich vollständig deckt, während bei den braunroth gefärbten Blättern die Farbe theils durch das Durchscheinen der grünen Farbe durch die

rothe, theils durch Mischung grüner und rother Zellen, theils durch Anwesenheit von grünen Chlorophyllkörnern in rothgefärbten Zellen hervorgebracht wird. Auf ähnliche Weise ist aus Marquart's Untersuchungen bekannt, dass die braune Farbe der Blumenblätter von *Calycanthus*, der Spatha von *Arum divaricatum*, des Perianthiums von *Veratrum nigrum* und *Aristolochia glauca* etc. ebenfalls von einer oder mehreren Schichten rother oder violetter Zellen herrührt, welche über grünen Zellen liegen.

Dass die rothe Farbe einzelner Zellen von einer rothen Färbung des Zellensaftes abhänge, war den Phytotomen schon längst bekannt, z. B. von *Tradescantia discolor, Calla aethiopica, Impatiens Balsamina, Acorus Calamus* etc.[1]). Es wurden aber diese rothen Zellen mehr als eine Eigenthümlichkeit einzelner Pflanzen betrachtet, als dass sie zu einer Vergleichung derselben mit den im Herbste sich färbenden Blättern und zu einer anatomischen Untersuchung der dabei vorgehenden Veränderungen geführt hätten. Die Physiologen gaben sich grossentheils mehr damit ab, über die Farben der Pflanzen zu speculiren, sie mit den Regenbogenfarben zu vergleichen, als dass sie gesucht hätten, die materiellen Farbestoffe selbst kennen zu lernen. Wie im prismatischen Farbenspectrum das Grün in der Mitte liegt, auf der einen Seite von Gelb und Roth, auf der andern Seite von Blau und Violett begrenzt ist, so glaubte man, sei auch das Grün der Pflanzen der Indifferenzpunkt zwischen einer gelbrothen und blauen Farbenreihe, und suchte die Entstehung dieser Farben aus der grünen Farbe durch Oxydation und Desoxydation des grünen Farbstoffs abzuleiten, indem man sich auf unsichere chemische Experimente und falsche Vorstellungen von Oxydation und Desoxydation, von Wirkung der Säuren und Alkalien stützte[2]). Ihren Culminationspunkt erreichten diese Ansichten in den Arbeiten von Schübler[3]) und Macaire-Princep[4]), deren Resultate ein um so grösseres Zutrauen zu verdienen schienen, da sie nicht nur durch die Ergebnisse chemischer Untersuchungen unterstützt, sondern auch mit den Beobachtungen über den Farbenwechsel der Blüthen in ziemlicher Uebereinstimmnng zu sein schienen. Es giengen daher auch ihre Ansichten in die neueren physiologischen Schriften, z. B. in die von Agardh[5]), Decandolle[6]) u. s. w., ziemlich unverändert über.

Schübler sowohl, als Macaire-Princep, suchten auf experimentellem Wege die chemischen Eigenschaften der Farbstoffe der Pflanzen auszumitteln; beide begiengen aber den Fehler, dass sie ihre chemischen Untersuchungen nicht mit anatomischen Untersuchungen der Organe, in welchen die Farbstoffe niedergelegt waren, verbanden, daher auch nicht wussten, ob nur ein oder ob mehrere Farbstoffe in dem Theile lagen, welchen sie untersuchten, ob ihre Reagentien nur auf einen oder auf mehrere Farbstoffe einwirkten,

1) Vgl. Kieser, Grundzüge der Phytotomie p. 49.
2) Vgl. Sprengel, vom Bau und der Natur der Gewächse. p. 502 — 510.
3) Untersuchungen über die Farben der Blüthen; Inaugural-Dissertation unter dem Präsidium von Schübler. Tübingen 1825.
4) Mémoire sur la coloration automnale des feuilles. (Mémoires de la société de physique et d'histoire naturelle de Genève. T. IV. p. 43.)
5) Biologie. p. 262. u. f.
6) Physiologie végét. T. II. p. 888.

ob ihre Auflösungsmittel, wenn mehrere Farbstoffe vorhanden waren, nur einen oder ob sie mehrere auflösten u. s. w. Ein zweiter Fehler lag in der chemischen Theorie, welche sie bei Erklärung der Erscheinungen anwandten, nämlich in der Ansicht, dass die Veränderungen, welche die Säuren in den Farbstoffen hervorbrachten, auf Oxydation der letzteren beruhen, und dass die Umänderungen, welche Alkalien hervorbrachten, eine Desoxydation anzeigen. Schübler untersuchte die Reaction, welche Säuren und Alkalien in den weingeistigen Tincturen von Blumenblättern hervorbrachten, und fand, dass die Tincturen blauer und rother Blüthen durch Säuren geröthet, durch Alkalien grün gefärbt werden, wogegen die Tincturen gelber Blüthen durch Säuren wenig verändert, dagegen durch Alkalien braunroth oder braun gefärbt werden. Indem er nun annahm, es bilden sich alle Pflanzenfarben aus dem Chlorophyll durch Oxydation oder Desoxydation desselben, so theilte er die Farben in eine oxydirte und desoxydirte Reihe, von welchen die erste die gelben und einen Theil der rothen Farben enthält und daher von Decandolle die xantische Farbenreihe genannt wurde, während die letztere die blauen und einen andern Theil der rothen Farben enthält und von Decandolle mit dem Namen der cyanischen Farbenreihe bezeichnet wurde.

Keine geringe Stütze schienen diese Ansichten durch die Untersuchungen von Macaire-Princep zu erhalten, denn nach seinen Angaben wird das Chlorophyll durch Behandlung mit Säuren und dadurch erfolgende Oxydation zuerst gelb, dann roth gefärbt, und dieses oxydirte Chlorophyll sollte sich wieder durch Alkalien in grünes Chlorophyll zurückführen lassen. Die rothe Farbe aller Pflanzentheile leitete daher dieser Chemiker von oxydirtem Chlorophylle, und die blaue Farbe von einer Mischung von solchem rothen Chlorophyll mit einem vegetabilischen Alkali her. Da auf diese Weise alle Pflanzenfarben von blosen Modificationen des grünen Farbstoffes herzurühren schienen, so hielt Decandolle den Ausdruck Chlorophyll zur Bezeichnung desselben für unpassend und führte den Ausdruck Chromule ein.

Gegen die Richtigkeit dieser Angaben von Macaire-Princep erhob sich dagegen schnell Widerspruch. Leop. Gmelin[1]) wies nach, dass das Chlorophyll der Blätter durch Säuren nicht roth gefärbt wird und dass das durch Mineralsäuren oder bei der herbstlichen Entfärbung gelb gewordene Chlorophyll sich durch Alkalien nicht wieder grün färben lässt, dass die im Herbste roth gewordenen Blätter nicht ein rothes Harz, sondern gelb gewordenes Chlorophyll und einen blauen, durch Säuren gerötheten Extractivstoff enthalten.

Auch die anatomischen Untersuchungen der folgenden Zeit wollten sich mit diesen von Decandolle adoptirten Ansichten Macaire-Princep's nicht recht in Uebereinstimmung bringen lassen, denn sie zeigten sowohl in den Blumenblättern, als in den rothgefärbten Stengeln und Blättern in der Regel nur einen gefärbten, im Wasser löslichen Zellsaft, aber nur selten Kügelchen[2]), ein Umstand, der es sehr zweifelhaft machte, ob es (mit Ausnahme der im Herbste in absterbenden Blättern sich entfärbenden Chlorophyllkör-

1) Handbuch der theoret. Chemie. 3te Ausg. T. II. p. 633.

2) Meyen, Phytotomie. p. 141. 148. Roeper, in der Uebersetzung von Decandolle's Physiologie. T. II. p. 712. Anm. 2.

ner) überhaupt gelb und roth gewordene Chlorophyllkörner gebe, und Roeper[1]) zeigte, dass zuweilen grüne Chlorophyllkörner in dem gefärbten Zellensafte vorkommen.

Diese Umstände mussten zwar Zweifel an der Richtigkeit der Lehre von den vegetabilischen Farben, wie sie von Schübler, Macaire-Princep und Decandolle aufgestellt war, erregen, sie waren aber nicht hinreichend, dieselbe aus den botanischen Schriften zu verdrängen, da sie keine positiven Thatsachen an die Stelle der früher angegebenen zu stellen hatten, und so traten die Grundzüge jener Lehre auch wieder in dem neuesten Werke über Pflanzenphysiologie von Treviranus hervor. Die bereits seit längerer Zeit vorauszusehende Reform wurde zwar von Pieper[2]) versucht; da aber derselbe das Räthsel auf naturphilosophischem Wege zu lösen suchte und es nicht für der Mühe werth hielt, das Materielle der Pflanzenfarben zu untersuchen, so ist seine Schrift von keiner Bedeutung. Dagegen wurde diese Reform von Clamor Marquart[3]) in einer kleinen, aber in dieser Lehre Epoche machenden Schrift eingeleitet. Auch Marquart nimmt an, dass die gelben, rothen und blauen Farbstoffe aus einer Umwandlung des Chlorophylls entstehen, er läugnet dagegen durchaus die Existenz einer oxydirten gelbrothen und desoxydirten blaurothen Farbenreihe, indem das Materielle derselben nicht vorhanden sei; dagegen nimmt er an, dass das Chlorophyll durch Entziehung von Wasser einen blauen, und durch Aufnahme von Wasser einen gelben Farbstoff liefere. Dieser blaue Farbstoff, das Anthokyan, ist ein im Wasser, aber nicht in absolutem Weingeiste auflöslicher Extractivstoff von blauer Farbe, welcher durch Säuren roth und durch Alkalien grün gefärbt wird; in ihm ist die Farbe aller blauen, violetten, rothen, braunen und vieler pomeranzenfarbenen Blüthen begründet, und ebenso kommt er in allen rothen, violetten oder blauen Blättern und zuweilen in den nicht perennirenden Wurzeln vor.

Der Farbstoff der gelben Blüthen dagegen, das Anthoxantin, ist ein harziger Extractivstoff, zum Theil in Wasser, zum Theil nur in absolutem Alkohol oder Aether löslich, welcher durch Schwefelsäure indigblau gefärbt wird.

Diese beiden Farbstoffe können in demselben Blumenblatte vorkommen, sie sind aber alsdann in verschiedenen Zellen enthalten, und zwar das Anthoxanthin in den tiefer gelegenen Zellen, das Anthokyan in den oberflächlichen, so dass dadurch eine grosse Mannigfaltigkeit von Färbungen der Blumenblätter hervorgebracht wird, je nachdem die Farbe der unteren Schichte durch die obere durchscheint, oder von ihr gedeckt wird, je nachdem das Anthokyan blau oder durch eine Säure geröthet ist u. dgl. m.

Diese Entdeckungen von Marquart erklären auf eine sehr genügende Weise die Umstände, welche Macaire-Princep zu seinen irrigen Schlussfolgerungen verleitet hatten, nämlich die Zurückführung der im Herbste roth gewordenen Blätter zur grünen Farbe durch Alkalien, und die Röthung mancher Blätter durch Säuren. Die Blätter färben sich nämlich im Herbste nicht dadurch roth, dass ihr Chlorophyll sich in einen

1) In der Uebersetzung von Decandolle's Physiologie. Tom. II. p. 687. Anm.
2) Das wechselnde Farbenverhältniss in den verschiedenen Lebensperioden des Blattes.
3) Die Farben der Blüthen. 1835.

rothen, harzartigen Farbstoff verwandelt, sondern durch Bildung von Anthokyan[1]) neben dem eine gelbliche Färbung annehmenden Chlorophylle, und dieses durch eine Säure geröthete Anthokyan wird durch Alkalien grün gefärbt; es gleicht jedoch diese durch die Alkalien erzeugte grüne Farbe nicht dem sommerlichen Grün der Blätter, sondern sie hat einen spangrünen Ton.

Ob jedoch die Röthung von grün gefärbten Blättern durch Säuren der Anwesenheit von Anthokyan in allen Fällen zuzuschreiben ist, scheint mir zweifelhaft zu sein, denn eine längere Einwirkung von sehr verdünnter Schwefelsäure bringt bei manchen Blättern, z. B. bei denen von *Robertsonia crenata* Haw., in dem untern, weiss gefärbten Theile der Blätter von *Sempervivum tectorum* eine röthliche Färbung hervor, welche kaum der Anwesenheit von Anthokyan zuzuschreiben sein möchte, da der Zellsaft vorher vollkommen ungefärbt erscheint und die Röthung nur bei längerer Einwirkung der Schwefelsäure hervortritt. Auch diese Röthung beruht nicht auf einer Veränderung der Farbe der Chlorophyllkörner, sondern auf Färbung des Zellsaftes.

Ob Marquart's Annahme, dass das Anthokyan sich aus Chlorophyll durch Entwässerung desselben bilde, durch hinlängliche Gründe unterstützt sei, möchte ich bezweifeln, wenigstens kann ich dem Umstande, auf welchen er sich stützt, keinerlei Beweiskraft zuschreiben. Marquart beobachtete nämlich, dass das Chlorophyll durch concentrirte Schwefelsäure mit der intensivsten blaugrünen Farbe aufgelöst wird, und dass diese Flüssigkeit, mit Weingeist übergossen, dunkel indigblau wird. Man kann diesen Versuch unter dem Mikroskope machen, wenn man einen zarten Durchschnitt eines Blattes in einen Wassertropfen bringt und diesem eine verhältnissmässige Menge concentrirter Schwefelsäure zusetzt. Man wird alsdann in demselben Verhältnisse, wie sich die Schwefelsäure im Wasser verbreitet, in einer Zelle nach der andern die Chlorophyllkörner zu einer grumosen, blaugrünen Masse zusammenfliessen und einen Theil derselben sich mit dieser Farbe vollkommen auflösen sehen. Wenn in diesem Falle die blaue Farbe die künstliche Bildung von Anthokyan aus Chlorophyll anzeigen soll, so ist nicht einzusehen, warum dasselbe, ungeachtet der Gegenwart von freier Schwefelsäure, mit blauer und nicht mit rother Farbe erscheint. Soll aber die blaue Farbe nicht auf wirkliche Bildung von Anthokyan schliessen lassen, so ist überhaupt nicht einzusehen, wie aus diesem Versuche irgend ein Schluss auf die Zusammensetzung und Bildung des Anthokyans gemacht werden kann.

Ein zweiter Umstand würde vielleicht eher als ein Beweis für die Marquart'sche Ansicht angeführt werden können, wie denn der Urheber selbst grossen Werth auf ihn zu legen scheint, nämlich die Thatsache, dass die Zellen, welche in späteren Lebensperioden Anthokyan enthalten, in früheren Chlorophyll enthalten und dass dieses verschwindet, wenn sich Anthokyan bildet. Marquart scheint dieses als eine über allen Zweifel erhabene Sache angenommen zu haben, indem er anführt, es seien in ihrer Jugend alle Blumenblätter grün, diese grüne Farbe gehe bei den gelben Blüthen unmittelbar in die gelbe, bei den blauen und rothen

1) Es ist hiebei gleichgültig, ob dieser Farbstoff ein durch Säure gerötheter blauer, oder wie Berzelius angiebt, ein an und für sich rother (Erythrophyll) ist.

vorher in die weisse über. Allein hat sich Marquart auch durch anatomische Untersuchung überzeugt, ob gerade die Zellenschichten, welche später Anthokyan enthalten, in der Knospe Chlorophyll enthalten? Ich bin weit entfernt, aus der Unterlassung dieser Untersuchung einen Vorwurf abzuleiten, denn dieselbe mag bei den noch schuppenförmigen, in der Knospe verborgenen Blumenblättern oft ihre grossen Schwierigkeiten haben, allein ich kann nicht umhin, anzuführen, dass die Erscheinungen, welche man an den rothgefärbten Blättern beobachtet, nicht für ein solches Alterniren des Chlorophylls und Anthokyans sprechen. In der Mehrzahl der Fälle kommt nämlich bei den Vegetationsblättern das Anthokyan in den Zellen der Epidermis vor, also in einem Organe, in welchem nur sehr selten und eigentlich ausnahmsweise Chlorophyllkörner gefunden werden. Wenn ferner der Zellsaft einer grösseren oder geringeren Anzahl von Zellen des Mesophyllums sich durch Bildung von gesäuertem Anthokyan roth färbt, so finden sich in der Regel in diesen Zellen eben sowohl Chlorophyllkörner, als in den sie umgebenden, einen ungefärbten Zellsaft enthaltenden Zellen, nur erfordert es zuweilen einige Aufmerksamkeit, um in den rothgefärbten Zellen die Chlorophyllkörner zu sehen, weil ihr Saft weniger durchsichtig ist und die grüne Farbe der Chlorophyllkörner durch den rothen Zellsaft mehr oder weniger verhüllt wird. Auf diese Weise fand ich z. B. die mit rothem Safte gefüllten Zellen des Mesophyllums beschaffen bei *Hedera Helix*, *Sedum album*, *Sempervivum tectorum*, *Bupleurum falcatum*, *Thymus Serpyllum*, *Bromus mollis*, *Hieracium Pilosella*, *Dianthus chinensis*. Dieses alles ist freilich noch kein Beweis gegen die Richtigkeit der Marquart'schen Ansicht von Entstehung des Anthokyans, sondern soll blos zeigen, dass die zur Unterstützung derselben beigebrachten Beweisgründe zur sichern Begründung derselben noch nicht hinreichen, besonders wenn man ins Auge fasst, dass auch bei den Blüthen sehr häufig sich eine rothe oder blaue Farbe entwickelt, nachdem schon längst jede Spur einer grünen Färbung verschwunden ist; ich erinnere nur an die rothen Flecken, welche sich auf den Blumenblättern von *Hippocastanum vulgare* nach dem Aufblühen entwickeln, an die blaue Färbung, welche die anfänglich gelben Blüthen von *Myosotis versicolor* annehmen. Diese Fälle beweisen wenigstens sehr deutlich, dass das Anthokyan sich nicht unmittelbar aus dem Chlorophyll bildet, wenn sie nicht überhaupt die völlige Unrichtigkeit der ganzen Lehre nachweisen.

Dieses Nebeneinanderbestehen des rothen Zellsaftes und grüner Chlorophyllkörner in derselben Zelle ist besonders deutlich erkennbar bei solchen Blättern, welche im Sommer vollkommen grün sind, im Winter mehr oder weniger roth werden und im folgenden Sommer wieder ihre grüne Farbe annehmen, wie dieses bei den vorhin angeführten Pflanzen zum Theile der Fall ist. Man trifft nämlich bei denselben, wenn die rothe Farbe ihren Sitz in den Zellen des Mesophyllums hat, in diesen Zellen eben sowohl Chlorophyllkörner, als in den nebenliegenden Zellen, deren Saft ungefärbt ist und welche desshalb eine grüne Farbe zeigen. Ob die Menge der in den rothen Zellen liegenden Chlorophyllkörner eben so bedeutend ist, wie in den grünen Zellen, lässt sich nicht wohl entscheiden, da die Anwesenheit des rothen Pigmentes dieser Vergleichung grosse Schwierigkeiten in den Weg legt; ich kann desshalb auch nicht mit Bestimmtheit behaupten, dass in diesen Zellen die Menge des Chlorophylls nicht vermindert ist; kaum aber möchte die anatomische Untersuchung im Stande sein, den Beweis zu liefern, dass das rothe Pigment sich auf Kosten des Chlorophylls gebildet hat.

Nicht selten trifft man in den Zellen des Mesophyllums nur einen Theil des Zellsaftes roth gefärbt, z. B. in der einen Hälfte einer in die Länge gestreckten Zelle, oder in der Mitte der Zelle, ohne dass dabei in dem gefärbten Theile der Zelle eine Auflösung der Chlorophyllkörner bemerklich ist. Diese theilweise Färbung des Zellsaftes einer Zelle scheint darauf hinzuweisen, dass sich das rothe Pigment nicht immer im Zustande einer vollkommenen Auflösung im Zellsafte befindet, sonst wäre wohl eine solche theilweise Verbreitung in dem kleinen Raume der Zelle kaum möglich, sondern sie weisst darauf hin, dass das rothe Pigment häufig in einem halb geronnenen, gallertartigen Zustande vorkommt; auch findet sich zuweilen sowohl das rothe, als das blaue Pigment in Form von Kügelchen, bei welchen ich jedoch wegen ihrer geringen Grösse nicht entscheiden konnte, ob sie blos aus geronnenem Farbstoffe bestehen, oder ob sie einen fremdartigen Kern enthalten, um welchen sich der Farbstoff sammelte.

Ich habe schon oben darauf hingedeutet, dass die Bildung eines rothen Farbstoffes in solchen Blättern, welche den Winter über bei uns im Freien ausdauern, eine sehr häufige Erscheinung sei; man wird in der That beinahe durchgängig finden, dass die im Winter sich frisch erhaltenden Blätter, wenn sie sich auch nicht vollkommen roth färben, doch wenigstens mehr oder weniger starke Spuren einer solchen Färbung zeigen.

Ehe ich diesen Gegenstand weiter verfolge, mag es nicht unpassend sein, einige Bemerkungen über unsere immergrünen Gewächse vorauszuschicken. Man wird bei näherer Betrachtung derselben finden, dass sie in Beziehung auf die Erhaltung ihrer Blätter während des Winters in mehrere, jedoch nicht ganz scharf getrennte Gruppen zerfallen.

Bei einem Theile der bei uns wild wachsenden oder häufiger cultivirten Pflanzen erhalten sich sämmtliche oder wenigstens die meisten im Sommer entwickelten Blätter nicht nur den Winter über, sondern auch den folgenden oder auch mehrere Sommer hindurch; dahin gehören die meisten Coniferen, *Hedera Helix, Iberis sempervirens, Sempervivum,* die meisten Arten von *Sedum, Empetrum nigrum, Azalea procumbens, Arbutus Uva ursi, Rhododendrum ferrugineum, Ledum palustre, Ilex Aquifolium.*

Eine zweite Classe von Blättern, welche sich im Winter grün erhalten, gehört zweijährigen oder auch ausdauernden Pflanzen an, welche aus sogenannten Wurzelblättern gebildete Blattrosetten besitzen, die sich im Laufe des vorausgehenden Sommers und Herbstes bei den aus Samen aufgewachsenen Pflanzen, oder aus Knospen, welche aus dem Mittelstock ausschlagen, entwickeln. Diese Blattrosetten erhalten sich den Winter über frisch und grün, sterben aber im Frühjahr, wenn die Frühlingsfröste und die grössere Sonnenwärme auf sie einwirken, theilweise ab. Die Blätter dieser Rosetten sind nämlich nicht alle gleich gross und gleich weit entwickelt, sondern die äusseren haben bereits im vorausgegangenen Herbste ihre volle Ausbildung erreicht, die innersten sind noch vollkommen unentwickelt, so dass die ganze Rosette eine in ihrer Entwicklung durch die Winterkälte unterbrochene Blattknospe darstellt. Von diesen Blättern stirbt nun von aussen herein ein grösserer oder kleinerer Theil ab, die äussersten, vollkommen ausgewachsenen gehen in der Regel gänzlich zu Grunde, die mittleren oft nur theilweise, die inneren wachsen dagegen weiter und es erhebt sich, wenn die Pflanze einen Stengel treibt, derselbe aus der Mitte der Knospe. Diese Pflanzen

sind daher ebenfalls immergrün, wie die der vorausgehenden Abtheilung, die Lebensdauer der Mehrzahl ihrer Blätter beträgt dagegen nicht, wie bei den Coniferen u. s. w., mehr als ein Jahr, so dass Blätter von mehreren, auf einander folgenden Sommern zu gleicher Zeit sich an der Pflanze im grünen Zustande finden, sondern die Lebensdauer der Mehrzahl der vorjährigen Blätter dauert nur bis zur Entwicklung der diessjährigen. Zu dieser Classe von Blättern gehören die Wurzelblätter der meisten zweijährigen Pflanzen und die untersten Stammblätter vieler ausdauernden Pflanzen mit jährlich absterbendem Stengel und perennirendem Wurzelstocke, z. B. *Plantago major, lanceolata etc., Dipsacus fullonum, ferox, laciniatus, Echium vulgare, Verbascum Lychnitis, Thapsus, nigrum etc., Hieracium Pilosella, bifurcum, fallax etc., Scorzonera hispanica*, viele *Umbelliferae* (z. B. manche Arten von *Bupleurum, Chaerophyllum*), ferner manche Arten von *Lychnis* (z. B. *L. viscosa, paniculata*), manche *Rosaceae* z. B. *Fragaria vesca,* viele Arten von *Potentilla, Geum rivale, virginianum, Spiraea Filipendula, Poterium Sanguisorba,* manche *Cruciferae* z. B. *Isatis tinctoria, Erysimum hieracifolium, crepidifolium etc.*

An diese Pflanzen schliessen sich als dritte Abtheilung theils einjährige Pflanzen, welche noch im Herbste gekeimt haben, aber erst im nächsten Frühjahre zur Blüthe kommen, theils ausdauernde Pflanzen, welche im Herbste neue Aeste zu entwickeln angefangen haben, an. Wie bei den Pflanzen der vorausgehenden Abtheilung, wird das Wachsthum ihres Stammes durch die Winterkälte unterbrochen und beginnt wieder bei der zurückkehrenden Wärme des Frühjahres, sie unterscheiden sich im Grunde nur dadurch von den in der zweiten Abtheilung angeführten Pflanzen, dass die im Herbste entwickelten Blätter keine auf dem Boden ausgebreitete Rosette bilden, sondern dass bereits ein längerer oder kürzerer Stengel getrieben ist, welcher mit Blättern von jeder Stufe der Ausbildung besetzt ist. Im kommenden Frühjahre sterben meistens die untersten Blätter, welche schon im Herbste ihre volle Grösse erreicht haben, ab, die kleineren, welche ihr volles Wachsthum noch nicht erreicht haben, fahren dagegen fort, sich weiter zu entwickeln. Zu dieser Abtheilung gehören ein grosser Theil der Gräser, z. B. *Bromus mollis,* manche Euphorbien, z. B. *E. Lathyris, Peplus,* manche Arten von *Veronica,* z. B. *V. agrestis, arvensis, Chamaedrys, Antirrhinum majus, Cerinthe minor, Senecio vulgaris, Sonchus oleraceus, Achillea Millefolium, Anthemis tinctoria, Geranium robertianum, Hypericum perforatum, dubium, Thlaspi Bursa pastoris, Medicago sativa, Papaver Rhoeas, Chelidonium majus etc.*

Die Blätter der Pflanzen, welche diese letzte Abtheilung bilden, leben wohl nur in seltenen Fällen ein ganzes Jahr lang, und diese Pflanzen gehören nur in so ferne zu den immergrünen Gewächsen, als der Vegetationscyclus derselben oder auch nur einzelner Aeste derselben im Spätsommer und Herbste beginnt, und im nächsten Sommer endigt; während die Blätter derselben Pflanze, wenn sie sich im Frühjahre entwickeln, in der Regel auch noch in demselben Sommer wieder absterben.

Ich glaubte, auf diese Verhältnisse aufmerksam machen zu müssen, weil die Blätter dieser verschiedenen Abtheilungen von Pflanzen, wenn sie gleich alle im Winter frisch und grünend sind, sich dennoch in sehr verschiedenen Verhältnissen in Beziehung auf ihr Lebensalter befinden. Die Blätter solcher Pflanzen, deren Zweige sich in eine geschlossene Knospe endigen und bei welchen die Blätter eines Jahrestriebes

sich schnell nach einander in der ersten Hälfte des Sommers entwickeln, z. B. die Blätter von *Pinus, Abies, Rhododendrum* etc., haben alle bis zum Herbste ihr volles Wachsthum erreicht; wenn dieselben mehrere Jahre hindurch leben, so sind daher die Veränderungen, welche sie im Winter erleiden, unabhängig von den Veränderungen, welche wir das Blatt in seinen ersten Entwicklungsstufen durchlaufen sehen, und eben so unabhängig von den Veränderungen, welche das Blatt in der seinem Absterben vorangehenden Periode erleidet.

Bei denjenigen Pflanzen dagegen, welche in dem einen Sommer eine Rosette von Wurzelblättern und im zweiten einen Stengel oder Blüthenschaft entwickeln, ist wenigstens ein Theil der die Rosette bildenden Blätter im Winter dem Absterben nahe; die Veränderungen, welche man an solchen Blättern beobachtet, können daher eben sowohl Folge des Alters und Zeichen des herannahenden Todes, als Folge des Einflusses des Winters sein. Dasselbe findet statt bei den untersten Blättern solcher immergrünen Pflanzen, bei welchen die Entwicklung von Blättern nicht periodenweise, sondern ununterbrochen erfolgt, wie bei *Sempervivum*, und eben so bei den untersten Blättern von einjährigen Pflanzen oder einjährigen Trieben ausdauernder Pflanzen, wie z. B. *Veronica agrestis, Achillea Millefolium*, welche sich im Herbst entwickelt haben und sich bis zum nächsten Sommer erhalten.

Der umgekehrte Fall tritt dagegen bei den innersten und jüngsten Blättern dieser Pflanzen ein, deren erste Entwicklungsperioden durch die Winterkälte unterbrochen werden, und bei welchen desshalb die Veränderungen, welche Folge des Winters sind, zusammentreffen mit den Veränderungen, welche bei normalem Verlaufe der Vegetation die Entwicklung der Blätter begleiten.

Nun ist es aber eine allgemein bekannte Thatsache, dass die Blätter sehr vieler Gewächse in den ersten Tagen und zum Theile Wochen ihrer Entwicklung darin den im Herbst absterbenden Blättern gleichen, dass sie eine ähnliche, rothe oder bläuliche Färbung zeigen; es entsteht daher vor allem die Frage, ob die rothe Färbung der Blätter im Winter eine von der herbstlichen Färbung der absterbenden Blätter und von der rothen Färbung der sich entwickelnden Blätter unabhängige Erscheinung, oder ob sie nicht vielmehr bald der einen, bald der andern dieser Ursachen zuzuschreiben sei?

Ueber die Beantwortung dieser Frage kann kein Zweifel stattfinden bei solchen Pflanzen, deren Blätter den Sommer über vollkommen grün sind, sich den Winter über mehr oder weniger tief roth färben und im nächsten Sommer wieder grün werden, in so ferne bei diesen Blättern die Röthung in einer Periode stattfindet, welche zwischen der ersten Entwicklung und zwischen dem Absterben der Blätter in der Mitte liegt, und von diesen beiden Zeitabschnitten durch eine Periode, in welcher das Blatt vollkommen grün ist, getrennt wird. Dieses findet z. B. statt bei vielen Arten von *Sedum*, besonders bei *Sedum album*, bei welchem die Blätter im Winter und Frühjahre tief braunroth gefärbt sind, in weniger auffallendem Grade bei *Sedum acre, sexangulare, anglicum, hybridum, lividum, Anacampseros*, ferner bei *Sempervivum tectorum*, bei welchem die rothe Färbung während des Winters sich von der Blattspitze aus beinahe über das ganze Blatt verbreitet, bei *Hedera Helix*, bei welcher das Blatt eine braune Färbung annimmt.

Eben so sind wir aber auch bei denjenigen Pflanzen, welche ich oben in die zweite und dritte Abtheilung der wintergrünen Gewächse stellte, genöthigt, die rothe Färbung, welche ihre Blätter im Winter zeigen, dem Einflusse der Winterkälte zuzuschreiben, da bei ihnen, wenn jüngere, halb entwickelte Blätter neben vollkommen ausgewachsenen, die im nächsten Frühjahre oder Sommer absterben, zugleich vorhanden sind, alle diese Blätter gleichförmig im Winter eine röthliche oder bräunliche Färbung annehmen. Da nämlich hier die Blätter des verschiedensten Entwicklungsgrades derselben Veränderung der Farbe unterworfen sind und da wir diese Farbe nur während des Winters beobachten, aber nie bei Trieben, welche sich während der günstigen Jahreszeit entwickeln, so können wir diese Färbung auch nur dem Einflusse des Winters zuschreiben. Dabei kommt es nun freilich auch häufig vor, dass sich diese winterliche Färbung verbindet mit der Färbung, welche dem Absterben des Blattes vorausgeht, und mit derjenigen, welche den ersten Entwicklungsperioden des Blattes eigen ist; allein es lässt sich meistens bei genauerer Betrachtung der Einfluss dieser verschiedenen Ursachen unterscheiden.

Diejenigen Blätter, welche sich blos durch den Einfluss des Winters roth färben, besitzen nämlich immer ein saftiges, festes Blattparenchym, welches entweder durchaus eben so schön grün gefärbt ist, wie während des Sommers, in welchem Falle alsdann die rothe Farbe nur in der Epidermis ihren Sitz hat, oder welches wenigstens, wenn auch rothes Pigment in einem Theile des Mesophyllums sich entwickelt, in denjenigen Schichten, in welchen dieses Pigment sich nicht entwickelte, seine grüne Farbe vollkommen unverändert erhält. Bei solchen Blättern dagegen, welche dem Absterben nahe sind, und bei welchen man desshalb eine Verbindung der winterlichen Färbung mit der Färbung des absterbenden Blattes vermuthen kann, ist das Blattparenchym meistens weit schlaffer, weniger tief grün gefärbt und saftloser. Das ganze Blatt ist häufig, wenn man es gegen das Licht hält, durchscheinender, seine rothe Farbe ist heller, nähert sich dem Ziegelrothen oder Zinnoberrothen, während das noch frische, lebenskräftige Blatt, weil sich bei ihm das dunklere Grün der rothen Farbe beimischt, eine mehr braunrothe Färbung zeigt.

Diese Unterschiede sind sehr auffallend, wenn man die äusseren, dem Absterben sich nähernden Blätter mit den jüngeren vergleicht, z. B. bei *Fragaria vesca, Hieracium Pilosella, Bupleurum falcatum, Isatis tinctoria;* sie treten aber erst im Frühjahre beim Wiederbeginnen der Vegetation lebhaft hervor, während des Winters selbst sind sie dagegen kaum bemerklich. Es gehört nämlich, wie ich schon oben anführte, zu den Eigenthümlichkeiten vieler bei uns einheimischer Gewächse, dass ihre älteren Blätter sich den ganzen Winter über frisch und saftig erhalten, wie die jüngeren Blätter, welche im Frühjahre wieder zu neuem Leben erwachen, und dass sie erst im Frühjahre bei der Einwirkung der grösseren Wärme und der Morgenfröste absterben. Man kann dieses bei allen oben in der zweiten und dritten Abtheilung aufgeführten Pflanzen beobachten; es kommt aber auch bei einigen Holzgewächsen vor, deren Blätter im Winter zwar mehr oder weniger braunroth gefärbt, aber noch saftig sind und erst am Ende desselben oder im Frühjahre wirklich absterben, z. B. *Ligustrum vulgare, Crataegus Pyracantha, Erica vulgaris.*

Da wir nun also bei denselben Pflanzen Blätter finden, welche sich im Winter roth färben und im Frühjahre absterben, während andere Blätter sich auf gleiche Weise roth färben, aber im Frühjahre nicht ab-

sterben, sondern wieder grün werden und weiter wachsen, da wir ferner bei einigen Holzgewächsen, z. B. *Crataegus Pyracantha, Ligustrum,* die Blätter sich auf gleiche Weise roth färben sehen, wie bei den Bäumen, die sich im Herbste entblättern, ohne dass aber dieselben sogleich absterben, sondern im Gegentheile die Blätter noch den ganzen Winter über frisch und saftig bleiben und erst im Frühjahre vertrocknen und abfallen, da ferner die Blätter einer grossen Anzahl oder vielmehr der Mehrzahl der Pflanzen absterben, ohne vorher roth zu werden, so sind wir, wie ich glaube, vollkommen berechtigt, jeden Zusammenhang zwischen der Erzeugung einer rothen Farbe und zwischen dem Absterben der Blätter zu läugnen und anzunehmen, dass die Erzeugung der rothen Farbe der Blätter im Herbste und Winter Folge der in dieser Jahreszeit eintretenden Veränderung der physiologischen Functionen des Blattes ist, dass aber das Absterben der Blätter nur zufälliger Weise bei einem Theile der Pflanzen mit dieser Periode zusammentrifft, während es bei andern erst Monate lang nachher eintritt, wenn die Zeit herannaht, in welcher eine neue Vegetationsperiode beginnt und die Vegetationskraft der Pflanze die alten Blätter verlässt und auf die Production von neuen Blättern verwendet wird, während wieder bei andern Pflanzen bei wiederkehrendem Frühjahre die Blätter ihre früheren Functionen übernehmen und damit die rothe Färbung wieder verschwindet. Wir sind um so mehr dazu veranlasst, den Zusammenhang zwischen dem Absterben der Blätter und zwischen der Erzeugung einer rothen Farbe zu läugnen, da auch andere Umstände die Erzeugung einer rothen Farbe veranlassen, z. B. die Beeinträchtigung der normalen Functionen und Entwicklungsweise der Blätter durch Insectenstiche oder die Entstehung von Entophyten, von welchen Umständen man nicht sagen kann, dass sie das Blatt dem Absterben entgegenführen, indem sie häufig seine Vegetationskraft zwar anomal machen, aber steigern und zu Wucherungen seines Parenchymes Veranlassung geben. Hiezu kommt noch ferner, dass die geographische Lage des Standortes bei vielen Pflanzen von bedeutendem Einflusse auf die Erzeugung eines rothen Pigmentes ist, und Veranlassung wird, dass dasselbe auch im Sommer, während der kräftigsten Vegetation, hervortritt. Diese Eigenschaft scheint nämlich das Clima der hohen Gebirge und anderntheils der Sumpfboden zu besitzen, wenigstens ist es in den Alpen im höchsten Grade auffallend, wie so viele Pflanzen aus der Familie der Laubmoose und Lebermoose, z. B. die Arten von *Sphagnum,* viele Arten von *Bryum, Grimmia, Jungermannia,* eine hellrothe oder braunrothe Färbung zeigen, während dieselben Arten im ebenen Lande eine grüne Färbung besitzen. Weniger auffallend ist dieser Einfluss des Alpenclimas bei den Phanerogamen, er lässt sich aber dennoch bei manchen Gewächsen der Schneeregion, z. B. bei den Blättern von *Saxifraga biflora, oppositifolia,* bei *Ajuga pyramidalis β alpestris* Gaud., bei der dunklen Färbung vieler Gräser, bei der braunvioletten Farbe der Bracteen von *Carex atrata, nigra, foetida* etc., nicht verkennen, und ebenso zeigt im hohen Gebirge im Herbste die ganze Vegetation ein so lebhaftes Roth, wie man es im ebenen Lande nie und in hügeligen Gegenden kaum auf ausgedehnten Torfmooren sieht.

Die äusseren Einflüsse, denen die Pflanzen auf den Alpen ausgesetzt sind und welche die Bildung des rothen Pigmentes in ihren Blättern begünstigen, können vielleicht in Parallele gesetzt werden mit denen, welche im ebenen Lande im Herbste die Erzeugung desselben veranlassen, und es mag vorzugsweise die Ab-

wechslung von warmen Tagen mit kalten Nächten nicht ausser Rechnung zu lassen sein. Uebrigens ist auf den Alpen auch die Einwirkung eines sehr kräftigen Lichtes ins Auge zu fassen. Wir sehen nämlich bei den Pflanzen, welche bei uns im Herbste und Winter rothe Blätter bekommen, dass die rothe Farbe häufig an den dem Lichte ausgesetzten Blättern sich aufs intensivste entwickelt, während diejenigen Blätter oder auch Theile von Blättern, welche durch Bedeckung vor dem Einflusse des Lichtes geschützt sind, vollkommen grün bleiben.

Wenn es nach dem Gesagten als gewiss anzunehmen ist, dass die Erzeugung eines rothen Pigmentes in den Blättern während des Herbstes und Winters nicht mit der um diese Zeit vorgerückten Lebensperiode und mit dem herannahenden Absterben der Blätter in Verbindung zu bringen, sondern von einer durch climatische Einwirkungen veranlassten Aenderung der physiologischen Function abzuleiten ist, so verhält es sich dagegen mit der rothen Färbung, welche die Blätter nach dem Ausschlagen zeigen, umgekehrt, denn diese zeigt sich vollkommen unabhängig von den Abwechslungen der Temperatur, erfolgt eben so wohl bei Pflanzen, welche im gleichförmig geheizten Gewächshause stehen, als im Freien.

Diese Färbung kann zwar mit der winterlichen Färbung nicht verwechselt werden, indem die letztere sämmtliche Blätter der Pflanze, unabhängig von ihrem Alter, ergreift; sie kann jedoch zufälligerweise mit ihr zusammentreffen, wenn die Vegetation junger Triebe vom Eintritt des Winters unterbrochen wird.

Es wurde schon von mehreren Pflanzenphysiologen darauf aufmerksam gemacht, dass die herbstliche Färbung der Blätter im Zusammenhange mit der Färbung der Früchte stehe, z. B. beim Weinstocke, bei Rhus u. s. w., d. h., dass Pflanzen mit rothen oder blauen Früchten auch an den Blättern im Herbste eine rothe Färbung zeigen, wogegen die Blätter solcher Pflanzen, deren Früchte kein rothes Pigment enthalten, sich im Herbste nicht roth färben. Dieser Zusammenhang zwischen der Farbe der Frucht und der Blätter ist in vielen Fällen unläugbar, er ist aber, wie aus dem unten folgenden Verzeichnisse von Pflanzen, deren Blätter sich im Winter roth färben, erhellt, weit entfernt, eine allgemeine Regel zu sein, in so ferne die rothe Färbung der Blätter bei einer Menge von Pflanzen vorkommt, bei welchen sich in den Früchten kein rothes Pigment entwickelt.

Diese Uebereinstimmung der Blatt- und Fruchtfarbe ist jedoch in so ferne von Interesse, als sie anzeigt, dass die Vegetationsblätter, wenn sie im Herbste und Winter aufhören, den für die Zwecke der Ernährung und des Wachsthumes dienenden Functionen der Respiration und Aushauchung vorzustehen, in Beziehung auf ihr chemisches Verhalten und ihre Farbe eine Annäherung zu den Fructificationsblättern zeigen; eine Umwandlung, welche freilich nur höchst unvollständig erreicht wird, und bei günstigen äusseren Verhältnissen, welche das unterbrochene Wachsthum aufs neue erregen, wieder aufgehoben wird.

Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, wäre die Erzeugung des rothen Pigmentes in den Blättern und die Veränderungen, welche sie überhaupt dabei erleiden, ein Vorgang, welcher mit dem Reifungsprocesse der saftigen Fruchthüllen zu vergleichen wäre. Eine in allen Punkten durchgeführte Parallele zwischen diesen beiden Processen lässt sich bei dem gegenwärtigen Stande der Pflanzenphysiologie noch kaum ziehen, doch dürften folgende Bemerkungen vielleicht den Beweis liefern, dass die Veränderungen, welche die

Vegetationsblätter durchlaufen, Aehnlichkeit mit denjenigen Veränderungen zeigen, welche bei den Carpellarblättern, die ja ohnediess den Vegetationsblättern ziemlich nahe stehen, beobachtet werden.

Nachdem nämlich beide Arten von Blättern, sowohl die Carpellarblätter, als Vegetationsblätter, auf gleiche Weise während ihrer Entwicklung bis zur Vollendung ihres Wachsthumes grün gewesen sind, den aufsteigenden Saft angezogen, bei Tag Sauerstoff und bei Nacht Kohlensäure ausgehaucht, Wasser ausgedünstet und wahrscheinlich beide auf gleiche Weise den aufsteigenden, rohen Saft in Nahrungssaft verwandelt haben, und nachdem kürzere oder längere Zeit hindurch dieser Zustand stationär geblieben ist, so kann derselbe bei beiden eine doppelte Veränderung erleiden. Entweder stirbt nämlich das Vegetationsblatt (z. B. bei den meisten krautartigen Gewächsen) und das Carpellarblatt (bei den häutigen Pericarpien) ab, und vertrocknet, ohne vorher andere Veränderungen zu erleiden, als Verwandlung seines Chlorophylls in Blattgelb oder Aufsaugung des Chlorophylls; oder es erleiden beide Arten von Blättern eine von ihrem bisherigen Wachsthume unabhängige Umwandlung ihrer Säfte, welche mit Bildung eines (bei den Blättern immer, bei den Früchten wenigstens meistens rothen oder blauen) Pigmentes verbunden ist.

Dass bei den Früchten dieser Process unabhängig von der Ernährung ist, erhellt daraus, dass sie auch von der Pflanze im unreifen Zustande getrennt noch ihre Reife erlangen; bei den Blättern erhellt dasselbe aus dem Umstande, dass die Pigmentbildung im Herbste und Winter eintritt, also zu einer Jahreszeit, in welcher die Aufsaugung von rohem Safte, die Verarbeitung desselben im Blatte, die wässerige Ausdünstung des letzteren, die Aushauchung von Sauerstoff bei Tage entweder völlig aufgehört haben oder doch auf ein Minimum reducirt sind. Ob auch ausser der Pigmentbildung im winterlich gefärbten Blatte eine ähnliche Umwandlung der ganzen Säftemasse eintritt, wie in der reifenden Frucht, lässt sich wegen des Mangels von vergleichenden Analysen der Blätter in dieser und in früheren Lebensperioden nicht entscheiden.

Bei dieser Vergleichung des Zustandes der Blätter im Winter und der reifenden Frucht dürfen wir jedoch nicht vergessen, dass derselbe bei den Früchten die letzte Lebensperiode derselben bezeichnet, zwar noch kein Zeichen des Absterbens selbst ist, dennoch aber nie mehr in den früheren Zustand zurückkehrt; bei den Blättern bezeichnet derselbe zwar ebenfalls sehr häufig die letzte Lebensperiode, eben so häufig ist aber auch der Zustand der Pigmentbildung nur vorübergehend und es kehrt der Zustand des grünen Blattes zurück, namentlich in den Fällen, wenn die Vegetation eines noch nicht erwachsenen Blattes von der Winterkälte unterbrochen wird.

Die äusseren Umstände, welche die Reifung der Früchte begünstigen und die Pigmentbildung der Blätter bedingen, sind sehr verschieden. Bei den Blättern ist es die Kälte, welche ihren Vegetationsprocess, die Aufsaugung und Verarbeitung von rohem Nahrungsstoffe und die Respiration unterbricht und welche Veranlassung giebt, dass sich, wenn zugleich Licht auf die Blätter einwirkt, rothes Pigment in ihnen bildet. Bei den Pericarpien dagegen, deren Entwicklung ein zusammengesetzterer Process ist, indem sie nicht blos von der individuellen Anlage der Carpellarblätter abhängig ist, sondern zugleich auch unter dem Einflusse der Entwicklung und Reifung der Samen steht, ist es die Wärme, welche die vollkommene Entwicklung der Pericarpien und der Samen begünstigt und somit den Eintritt der letzten Lebensperiode derselben beschleunigt.

Sowohl bei Blättern, als Früchten kann die Pigmentbildung vor der Zeit herbeigeführt werden, wenn durch äussere Veranlassungen ihre normale Entwicklung und ihr Ernährungsprocess gestört werden, z. B. durch Insectenstiche, durch Lostrennen von der Pflanze u. dgl. In solchen Fällen wird der Zufluss von Saft und die Verarbeitung desselben in den grünen Organen vor der Zeit abgeschnitten oder gestört und es tritt damit Pigmentbildung ein, wie beim normalen Aufhören dieser Functionen. Dieser Umstand, so wie die Färbung der im Hersbte abfallenden Blätter, scheint auf den ersten Anblick die gewöhnliche Annahme, dass die Pigmentbildung ein Zeichen des Absterbens sei, zu begünstigen; er beweist aber blos, dass die Pigmentbildung die Begleiterin verschiedenartiger Störungen des normalen Vegetationsprocesses der Blätter und ihrer Verarbeitung von rohem Safte ist, dagegen muss man es für zufällig halten, dass sie in diesen Fällen in einem dem Absterben nahen Organe eintritt, indem sie, wie ich schon oben anführte, häufig genug in Blättern auftritt, welche noch lange Zeit leben und wieder grün werden.

Mit der Pigmentbildung in grünen Blättern, welche durch äussere Veranlassungen an der Verarbeitung des rohen Saftes gehindert werden, steht die Färbung der parasitischen Gewächse in Uebereinstimmung. Da nämlich die wahren Parasiten grösstentheils von dem schon verarbeiteten Nahrungssafte der Pflanzen, auf denen sie schmarotzen, leben, so befinden sie sich in so ferne in einem ähnlichen Zustande, wie die durch die Winterkälte ausser Thätigkeit gesetzten Blätter, als sie ebenfalls keinen oder wenig rohen, aufsteigenden Saft anziehen und verarbeiten; eben damit fehlt aber auch der Mehrzahl derselben die grüne Färbung und es tritt eine ziemlich lebhafte Pigmentbildung ein.

Auch ist es vielleicht erlaubt, mit denselben Umständen die rothe Färbung, welche die Blätter sehr vieler Pflanzen kurz nach dem Ausschlagen der Knospen oder nach dem Aufgehen aus dem Samen zeigen, in Verbindung zu bringen, denn wir dürfen wohl eine Parallele zwischen einer ausschlagenden Blattknospe und einer parasitischen Pflanze ziehen, in so ferne die Entwicklung der Blattknospen wohl nicht unmittelbar durch den aufsteigenden, rohen Saft, sondern auf Kosten der im Wurzelstocke und Stamme niedergelegten Nahrungsstoffe, welche vom aufsteigenden Safte aufgelöst werden, geschieht. Die Knospe schmarotzt desshalb in der ersten Zeit ihrer Entwicklung auf der Mutterpflanze auf ähnliche Weise, wie ein parasitisches Gewächs, und während dieser Zeit finden wir ihre Blätter häufig roth gefärbt; wenn dagegen ihre Blätter eine gewisse Ausbildung erreicht haben und zur Ernährung der Pflanze durch Verarbeitung des aufsteigenden Saftes mitwirken, so verschwindet auch die rothe Farbe derselben und es tritt die grüne Färbung rein hervor.

Fassen wir die verschiedenen Umstände zusammen, unter welchen sich in den verschiedenen Pflanzenorganen eine rothe oder blaue Färbung entwickelt, so scheinen mir vorzugsweise zwei Punkte ins Auge gefasst werden zu müssen. Einmal zeigt sich im Allgemeinen diese Erscheinung unter solchen Umständen, unter welchen die Zersetzung der Kohlensäure, die Bildung von organischer Substanz aus dem rohen Nahrungssafte entweder noch nicht begonnen hat, wenigstens noch nicht kräftig vor sich geht, wie in der sich entfaltenden Blattknospe und im jungen Keimpflänzchen, oder wieder temporär unterdrückt ist, wie in den immergrünen Blättern während des Winters, oder erloschen ist, wie in den absterbenden Blättern im Herbste

und in den reifenden Früchten, oder dem Pflanzenorgane und der Pflanze überhaupt nicht zukommt, wie bei den Blumenkronen und Parasiten. Diese Färbung kommt also im Allgemeinen solchen Organen zu, welche nicht selbst Nahrungssaft aus unorganischen Substanzen bereiten, sondern sich auf Kosten organischen Stoffes, der von anderen Organen bereitet ist, ernähren, oder in welchen die Ernährung ganz aufgehört hat und die weiteren Veränderungen, welche in den Organen vorgehen, in einer blosen Umwandlung der schon in ihnen enthaltenen Säfte bestehen; es verschwindet dagegen diese Färbung wieder, wenn die Bereitung von organischem Nahrungsstoff wieder im Organe beginnt, wie dieses bei den immergrünen Blättern im Frühjahre geschieht, oder wenn sie erst erwacht, wie in den jungen Blättern. Ein zweiter wesentlicher Umstand ist die Einwirkung eines gewissen Grades von Licht. Bei einigen Pflanzen reicht hiezu schon ein sehr geringer Lichtgrad hin, bei andern ist dagegen unmittelbare und kräftige Einwirkung des Sonnenlichtes nöthig und wir sehen die rothe Färbung schon durch eine leichte, halb durchscheinende Bedeckung z. B. durch ein aufliegendes Blatt verhindert werden. Das Licht ist jedoch nicht blos äussere Bedingung zur Entstehung der rothen Farbe, sondern seine lebhafte Einwirkung giebt in manchen Fällen zur Erzeugung dieser Farbe selbst in kräftig wachsenden Vegetationsorganen Veranlassung, in welchem Falle also seine Intensität das entgegengesetzte Streben dieser Organe, blos eine grüne Farbe zu entwickeln, überwiegt. Dieses sehen wir in den Alpen an einer Masse von Pflanzen, können aber auch dieselbe Erscheinung häufig beobachten, wenn Pflanzen, welche im Gewächshause gehalten vollkommen grün sind, im heissen Sommer im Freien einem starken Sonnenlichte ausgesetzt werden, besonders Pflanzen mit fleischigem Stamme, z. B. *Cactus grandiflorus*, welcher unter solchen Umständen auf der beleuchteten Seite oft vollkommen violett wird, ferner Pflanzen mit fleischigen Blättern, z. B. viele Arten von Aloë. Die Wärme scheint kaum einen directen Einfluss auf diese Erscheinung zu äussern, in so ferne die rothe Färbung im einen Falle im Sommer bei der heftigsten Einwirkung des Sonnenlichtes, im andern Falle nur im Winter eintritt. In so ferne jedoch in einzelnen Organen, je nach ihrer Natur durch höhere Wärme, wie bei den Früchten, oder durch Mangel an Wärme, wie bei den Blättern die inneren Bedingungen (die Unterdrückung der Verarbeitung der rohen Nahrungssäfte) herbeigeführt werden, so hat die Temperatur auf diese Erscheinung einen auffallenden, mittelbaren Einfluss, wodurch die auf den ersten Anblick so verwirrende Erscheinung erklärt wird, dass bei dem einen Organe eine bedeutende Erhöhung, bei dem andern eine bedeutende Erniedrigung der Temperatur die gleichen Folgen herbeiführt.

Ich bin zwar weit entfernt, zu glauben, durch diese Bemerkungen das Räthsel, welches sich in den besprochenen Erscheinungen ausspricht, gelöst zu haben, vielleicht tragen sie aber dazu bei, andere zu ähnlichen Beobachtungen zu veranlassen.

Untersucht man die im Winter roth gewordenen Blätter, so wird man, wie schon oben angeführt wurde, das Chlorophyll wenig oder nicht verändert, dagegen neben demselben in den Zellen rothes Pigment in grösserer oder geringerer Menge finden.

Das rothe Pigment findet sich niemals in allen Zellen des Blattes, sondern meistens nur in den äusser-

sten Schichten sowohl der oberen, als unteren Blattfläche, während die mittleren Schichten meistens vollkommen grün sind; selten färben sich alle Zellen derselben Schichte roth, sondern meistens ist in einem Theile der Zellen der Saft vollkommen ungefärbt.

In den meisten Fällen ist in den Zellen der Epidermis rother Saft enthalten, und zwar bald nur in einzelnen, bald etwa in der Hälfte derselben, bald beinahe in allen. Es wurde vielfach, z. B. von Treviranus, behauptet, dass die Epidermiszellen keinen Saft, sondern Luft enthalten; ich fand diese Angabe noch bei keiner einzigen Pflanze bestätigt, und ich glaube, dass die Untersuchung der rothgefärbten Blätter einen noch überzeugenderen Beweis für das Saftführen der Epidermiszellen geben kann, als die Untersuchung grüner Blätter, bei welchen Täuschung leichter möglich, jedoch auch sehr leicht zu vermeiden ist.

Bei Untersuchung der im Winter roth gefärbten Blätter wird man häufig nur die Epidermis roth und das ganze Mesophyllum grün gefärbt finden, z. B. bei *Euphorbia Peplus, Lamium purpureum, Glechoma hederacea, Veronica agrestis, Poterium Sanguisorba, Spiraea Filipendula, Sonchus oleraceus, Anthemis tinctoria, Silene paniculata, viscosa, Erysimum crepidifolium, canescens, angustifolium, Sedum hybridum.*

Diese Einschränkung der rothen Färbung auf die Epidermis kommt besonders bei solchen Pflanzen vor, deren Blätter im Herbste noch nicht vollkommen erwachsen waren, in ihrer Vegetation unterbrochen wurden und im Frühjahre wieder weiter wachsen; die Färbung ist jedoch stark genug, um den Blättern in vielen Fällen eine tief braunrothe oder auch eine hellrothe Farbe zu ertheilen.

Noch häufiger, als blos in der Epidermis, findet sich rother Zellsaft zugleich in dieser und in den äussersten Schichten der Zellen des Mesophyllums, und zwar in den letzteren zugleich mit Chlorophyllkörnern. Es findet dieses theils bei solchen Blättern statt, welche im Frühjahre wieder grün werden und weiter wachsen, z. B. bei den Blättern von *Sempervivum tectorum* und *Sedum album* (bei welchen zwei Pflanzen die rothen Zellen durch das ganze Mesophyllum zerstreut liegen), bei den jüngeren Blättern von *Geranium robertianum, Fragaria vesca, Potentilla reptans, Hieracium bifurcum, Bauhini, fallax, Pilosella, Geum rivale,* theils findet es bei ausgewachsenen Blättern statt, welche den Winter über zwar noch frisch und saftig bleiben, allein im Frühjahre absterben, z. B. bei *Thymus Serpyllum, Ligustrum vulgare, Crataegus Pyracantha,* bei den älteren Blättern von *Saxifraga crassifolia, Fragaria vesca, Hieracium Pilosella, Geum rivale, Potentilla reptans, opaca etc.*

Bei diesen älteren Blättern ist in einer grösseren Menge von Zellen des Mesophyllums rother Saft enthalten, als bei den jüngeren, im Frühjahre wieder grünenden, und es ergreift die Pigmentbildung, wenn sich die Blätter dem Absterben nähern, beinahe alle Mesophyllumzellen.

Seltener ist es, dass sich das rothe Pigment nicht in den Epidermiszellen, sondern nur in den äusseren Schichten des Mesophyllums entwickelt; auch hier findet es sich in Blättern, welche im Frühjahre ihre Vegetation wieder beginnen, mehr auf die äusseren Zellen eingeschränkt, z. B. bei *Chelidonium majus, Hedera Helix, Bromus mollis, Erysimum Alliaria, Iberis sempervirens,* bei den jüngeren

Blättern von *Dipsacus fullonum etc.*, wogegen bei Blättern, die im Frühjahre absterben, die Pigmentbildung beinahe alle Zellen des Mesophyllums (wenigstens an einzelnen Stellen des Blattes) ergreift, z. B. bei *Isatis tinctoria.*

Zum Schlusse mag ein Verzeichniss von solchen, in der hiesigen Gegend grösstentheils wild wachsenden Pflanzen folgen, bei welchen ich in diesem Frühjahre (Februar und März) eine mehr oder weniger entwickelte rothe Färbung der Blätter beobachtete. Wenn dieses Verzeichniss auch nicht reichhaltig ist, so kann es doch zeigen, wie weit diese Eigenschaft der Blätter in der Reihe der bei uns repräsentirten Pflanzenfamilien verbreitet ist.

Gramineae. Bromus mollis. Cynodon Dactylon.

Liliaceae. Lilium candidum.

Plantagineae. Plantago major, media, lanceolata.

Dipsaceae. Dipsacus ferox, laciniatus, fullonum. Scabiosa Columbaria.

Synanthereae. Sonchus oleraceus. Hieracium Pilosella, bifurcum, Bauhini, fallax. Scorzonera hispanica. Senecio vulgaris. Anthemis tinctoria. Achillea Millefolium.

Ericeae. Erica vulgaris.

Scrophularinae. Veronica agrestis, Chamaedrys. Antirrhinum majus, Cymbalaria. Verbascum Lychnitis, nigrum.

Labiatae. Thymus Serpyllum. Lamium maculatum, purpureum. Teucrium Chamaedrys.

Rubiaceae. Galium sylvaticum.

Oleineae. Ligustrum vulgare.

Umbelliferae. Bupleurum falcatum.

Araliaceae. Hedera Helix.

Ranunculaceae. Helleborus foetidus.

Papaveraceae. Papaver Rhoeas. Chelidonium majus.

Cruciferae. Thlaspi Bursa pastoris. Isatis tinctoria. Erysimum crepidifolium, hieracifolium, canescens. Iberis sempervirens. Turritis hirsuta.

Cistineae. Helianthemum vulgare.

Hypericineae. Hypericum perforatum.

Caryophylleae. Dianthus chinensis. Saponaria officinalis. Cerastium arvense. Silene viscosa, paniculata.

Crassulaceae. Sempervivum tectorum. Sedum album, acre, anglicum, hybridum, lividum, Anacampseros.

Geraniaceae. Geranium robertianum.

Euphorbiaceae. Euphorbia Lathyris, Peplus.

Pomaceae. Crataegus Pyracantha.

Dryadeae. Potentilla reptans, opaca, hirta, viscosa.

Sanguisorbeae. Poterium Sanguisorba, hybridum.

Spiraeaceae. Spiraea Filipendula.

Leguminosae. Medicago sativa. Genista sagittalis.

XXX.

Ueber

den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Alpenpflanzen.

(Dissertation vom Jahre 1838.)

Die früher in den Schriften über Pflanzenphysiologie so häufig verhandelte Frage, ob die Pflanzen von Wasser und Kohlensäure allein leben und das Vermögen besitzen, die unorganischen Bestandtheile, welche sie enthalten, aus den genannten Nahrungsmitteln zu bereiten, oder ob sie sämmtliche Elementarstoffe, welche man in ihrer Asche findet, aus dem Boden und zum Theile aus der Luft aufnehmen, diese Frage kann in der jetzigen Zeit als eine gänzlich veraltete und keiner Discussion mehr würdige betrachtet werden, seitdem durch die Arbeiten von Th. Saussure u. a. das letztere als entschiedene Thatsache bewiesen wurde. Als eine nothwendige Folgerung aus diesem Umstande scheint hervorzugehen, dass wir die Alkalien, Erden, Metalle, Salze u. s. w., welche aus dem Boden in die Pflanzen übergehen, eben so wohl als Nahrungsmittel derselben zu betrachten haben, als die organischen Stoffe, das Wasser und die Gasarten, welche die Pflanzen zur Bildung ihrer organischen Bestandtheile verwenden.

Obgleich dieses im Allgemeinen feststeht, so entsteht nun doch die Frage, ob wirklich alle diejenigen Stoffe, welche bei der Analyse der Pflanzenasche gefunden werden, für das Leben der Pflanze nothwendig waren und als Nahrungsmittel derselben zu betrachten sind, oder ob die Pflanze nicht eben so gut einzelne derselben hätten entbehren können, ob nicht ein Stoff als Aequivalent für einen andern dienen kann, ob die Pflanzen nicht häufig einzelne unorganische Stoffe aufnehmen, weil sie sich zufälligerweise im Boden finden, welche aber ganz gleichgültig für dieselben sind und durchaus nicht als Nahrungsstoffe betrachtet werden müssen.

Diese Fragen in jeder Beziehung genügend zu beantworten, möchte beim gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft kaum schon möglich sein, denn es lassen sich zu Gunsten einer jeden dieser Ansichten bestimmte Thatsachen anführen.

Dass gewisse unorganische Bestandtheile des Bodens zum Leben bestimmter Pflanzen nothwendig seien, dafür lässt sich mit Recht anführen, dass bei verschiedenen Pflanzen, welche neben einander in demselben Boden stehen, das Verhältniss der von ihnen aufgenommenen Substanzen ein verschiedenes ist, dass z. B. eine *Fumaria* immer sehr reich an Kali, ein *Equisetum* rehr reich an Kieselerde ist. Als ein weiterer Grund lässt sich dafür angeben, dass die eine Pflanze im Salzboden, die andere im kieselerdereichen, eine dritte im Kalkboden vorzugsweise kräftig gedeiht und dass das Wachsthum solcher Pflanzen in einem Boden, welcher diese Bestandtheile nicht enthält, durch Zumischung der fehlenden Stoffe zur Erde befördert wird. Je grössere Genauigkeit auf die Analysen der Bodenarten und der auf ihnen gewachsenen Pflanzen verwendet wurde, desto mehr stellte sich diese Ansicht als wahrscheinlich heraus, und so war es auch sehr natürlich, dass als einer der vorzüglichsten Vertheidiger derselben Carl Sprengel auftrat, welcher in Beziehung auf die chemische Untersuchung dieser Verhältnisse mehr, als alle übrigen Chemiker zusammen, leistete; auch ist es begreiflich, dass C. Sprengel [1]) im Gegensatze gegen die verbreitete Ansicht, es seien nur die organischen Bestandtheile des Bodens als Nahrungsmittel der Pflanzen zu betrachten, so weit gieng, dass er gerade die unorganischen Stoffe und den Stickstoff die Hauptrolle bei der Ernährung spielen lässt, dagegen die verbrennlichen oder leicht Gasgestalt annehmenden Bestandtheile des Bodens nur für ernährungsvermittelnd hält [2]).

In Folge der Ansicht, dass die unorganischen Bestandtheile des Bodens Nahrungsmittel für die Pflanzen seien, muss man den Pflanzen das Vermögen zuschreiben, die im Boden enthaltenen Stoffe nicht gleichmässig oder im Verhältnisse ihrer Auflöslichkeit in Wasser, sondern mit einer zweckmässigen Auswahl aufzunehmen; denn, so bald man dieses nicht annimmt, so ist die Verschiedenheit der Bestandtheile der in demselben Boden stehenden Pflanzen sehr schwierig und zum Theil gar nicht zu erklären, und es lässt sich auch aus den Ergebnissen der Pflanzenanalysen nicht rückwärts ein Schluss auf das Bedürfniss der Pflanzen, bestimmte Stoffe aufzunehmen, ableiten.

Gegen dieses Vermögen der Pflanzen, die ihnen nothwendigen Stoffe mit Auswahl aufzunehmen und die für sie unpassenden nicht aufzusaugen, lassen sich dagegen sehr gegründete Einwendungen erheben. Einmal ist es eine bestimmte Thatsache, dass die Pflanzen alles, was in Wasser aufgelöst ist, aufsaugen, mag es ihnen nützlich oder mag es im höchsten Grade giftig für dieselben sein. Dagegen lässt sich nun nicht erwiedern, dass dieses nur ausnahmsweise geschehe und ein Kränkeln oder den Tod der Pflanze zur Folge habe, denn es ist ja bekannt, dass die Pflanzen wahrhaft giftige Substanzen in geringer Menge ohne allen Schaden aufnehmen können; zeigen ja doch verschiedene Analysen bei manchen Pflanzen, z. B. beim Klee, bei Getreidearten unter gewissen Umständen einen nicht unbeträchtlichen Kupfergehalt. Wollte man aus solchen Analysen schliessen, dass das Kupfer ein Nahrungsmittel für diese Pflanzen sei, und besonders, dass

1) Erdmann, Journal für Chemie. 1829. I. 344.

2) Es ist wohl nicht unnöthig zu bemerken, dass dieser Aufsatz vor dem Erscheinen von Liebig's Schrift gedruckt wurde.

es ein nothwendiger Bestandtheil derselben sei, so würde man sich sehr irren, denn in andern Fällen enthalten dieselben Pflanzenarten keine Spur von Kupfer. Schon dieser Umstand zeigt, dass die Pflanzen wenigstens keine absolute Wahlanziehung auf die unorganischen Substanzen äussern und eben so wenig für sie unpassende Substanzen zurückstossen, sondern dass sie aufnehmen, was immer im Wasser aufgelöst ist; aus diesem Grunde ist es aber äusserst schwierig, aus dem Ergebnisse einer Pflanzenanalyse zu folgern, welche Bestandtheile des Bodens nothwendige Nahrungsmittel für die Pflanzen sind, und welche nicht. Es ist ferner eine bestimmte Thatsache, dass Pflanzen derselben Art, wenn sie auf Bodenarten von einer sehr unähnlichen Mischung stehen, in welchen zwar dieselben chemischen Elemente, jedoch in verschiedener relativer Menge vorkommen, eine sehr abweichende Zusammensetzung der Asche zeigen, dass z. B. Pflanzen, welche auf Granitboden wachsen, sehr viele Kieselerde, Pflanzen, die auf Kalkboden stehen, sehr viele Kalkerde aufnehmen. Dieser Umstand muss ebenfalls nicht nur unsern Glauben an die Aufnahme bestimmter Stoffe in bestimmter Menge sehr schwächen und zeigen, dass diese Wahlanziehung den Pflanzen jedenfalls nur in einem beschränkten Grade zukommt, sondern er macht es zugleich äusserst schwierig, auch nur mit einiger Annäherung zu bestimmen, welches die für die verschiedenen Pflanzen zuträglichste relative Menge der einzelnen Bestandtheile des Bodens ist, in so fern die Abweichungen in der Zusammensetzung der Asche ungemein gross sind, wie ein Blick auf die Analysen von Th. Saussure zeigt, ohne dass man sagen kann, dass den von Saussure untersuchten Pflanzen, z. B. der Fichte, dem Wachholder der Kalkboden mehr als der Kieselboden, oder umgekehrt zusage.

Da dem Gesagten zufolge feststeht, dass die Pflanzen die verschiedenen Stoffe in sehr abweichenden Verhältnissen, je nach der Beschaffenheit des Bodens, aufnehmen und da sie, wenigstens in vielen Fällen, gleich gut dabei gedeihen, so bleibt uns zur Erklärung dieses guten Gedeihens nur ein doppelter Weg übrig, entweder haben wir anzunehmen, dass die Pflanzen diejenigen Stoffe, welche sie in einem grösseren Verhältnisse, als sie nöthig haben, oder als ihnen angemessen ist, aufgenommen haben, gleichsam als todte Substanzen in ihren weniger belebten Theilen niederlegen (denn Secretionen, das Abfallen der Blätter u. s. w. reichen nicht zur Entfernung dieser Substanzen hin), oder wir haben anzunehmen, dass verschiedene unorganische Stoffe für das Leben der Pflanzen als Aequivalente für einander dienen können, dass z. B. in dem einen Falle die Kieselerde und die Thonerde dieselbe Bedeutung für die Ernährung der Pflanzen habe, wie in einem andern Falle die Kalkerde.

Dieser letztere Umstand würde der Pflanze eine grosse Unabhängigkeit von der chemischen Mischung des Bodens gewähren und ihr auf den verschiedensten Gebirgsformationen im gleichen Grade ihr Leben sichern; würde dagegen die Pflanze eine bestimmte Menge von gewissen unorganischen Bestandtheilen nöthig haben, und die übrigen, im Ueberflusse oder gegen ihre Natur aufgenommenen durch Ablagerung im Innern oder durch Ausscheidung nach Aussen zu entfernen genöthigt sein, so würden wohl diese Mittel nur hinreichen, dieses Uebermaas zu beseitigen, so lange die Menge eines aufgenommenen Stoffes nicht eine gewisse Grenze übersteigt und es würde die Pflanze zu Grunde gehen, wenn sie eine grössere Menge eines solchen Stoffes aufzunehmen genöthigt wäre, wenn auch die übrigen Bedingungen zu einem kräftigen Gedeihen alle

vorhanden wären, ebenso müsste eine Pflanze zu Grunde gehen, wenn auch nur ein einziger derjenigen unorganischen Stoffe, welche zur chemischen Constitution derselben gehören, im Boden fehlen würde.

Sehen wir uns unter den bis jetzt bekannten Thatsachen um, ob wir zur Beantwortung dieser Fragen bestimmte Data haben, so scheint es, dass keine für alle Fälle passende Antwort gegeben werden kann, denn für beide Ansichten lassen sich beweisende Umstände auffinden. Für die Ansicht, dass der eine Stoff als Aequivalent für den andern dienen könne, kann ohne Zweifel der Umstand geltend gemacht werden, dass Strandpflanzen auch auf einem an Kochsalz armen Boden gedeihen, alsdann aber Kali anstatt Natrum enthalten, ferner der Umstand, dass zwischen Kalk- und Dolomitgegenden kein wesentlicher Unterschied in der Vegetation gefunden wird, ferner das gleich freudige Gedeihen einer grossen Menge von Pflanzen in Kiesel- und Kalkboden, endlich das auffallende von Saussure gefundene Verhältniss, dass bei Pflanzen derselben Art, welche auf verschiedenen Gebirgsarten wachsen, wohl die Zusammensetzung der Asche, aber nicht ihre absolute Menge grosse Verschiedenheiten zeigt.

Für die zweite Ansicht, dass die Pflanzen auf der einen Seite eine gewisse Menge eines bestimmten unorganischen Nahrungsstoffes bedürfen, auf der andern Seite ein Uebermaas desselben Stoffes nicht ertragen, können die vielfachen Beispiele von zunehmender Fruchtbarkeit eines Feldes auf Zumischung des fehlenden kohlensauren Kalkes, des Gypses u. s. w. angeführt werden, so wie das schlechte Gedeihen, oder das Absterben von Pflanzen, welche von einem kieselerdehaltigen Boden auf Kalkboden übergepflanzt werden, der Schaden eines reichlichen Eisengehaltes des Bodens etc.

In dieser letztern Beziehung grenzen die Begriffe des Nahrungsstoffes und des Giftes so unmittelbar an einander, dass eine scharfe Grenze zwischen ihnen nicht gezogen werden kann, indem derselbe Stoff, z. B. Kochsalz, Eisenoxyd, Kalkerde, welcher Bestandtheil aller oder beinahe aller Gewächse ist, und daher im Allgemeinen durchaus nicht als schädlich betrachtet werden kann, wenn er in grösserer Menge den Pflanzen zugeführt wird, sich für einzelne derselben als schädlich erweist, während andere noch vollkommen gut dabei gedeihen; nicht mit Unrecht nennt daher Carl Sprengel diese Stoffe relative Gifte.

Bei diesen einander theilweise widersprechenden Erfahrungen muss man annehmen, dass die einzelnen Pflanzenarten sich zu den unorganischen Bestandtheilen des Bodens auf eine sehr verschiedene Weise verhalten, dass die einen das Vermögen besitzen, sehr verschiedene unorganische Stoffe gleichmässig als Nahrungsmittel verwenden zu können, während andere auf bestimmte Stoffe angewiesen sind und einentheils nicht gedeihen, wenn sie dieselben nicht im Boden finden, anderntheils aber auch zu Grunde gehen, wenn gewisse Nahrungsmittel oder andere, für sie nicht passende Stoffe in grösserer Menge im Boden enthalten sind.

Dass dieses letztere in Beziehung auf die auflöslicheren Salze bei den meisten Gewächsen stattfindet, ist bekannt; ihnen nähern sich hierin die Eisen- und Mangansalze, wie insbesondere für die letzteren die interessanten Untersuchungen Sprengel's über *Chrysanthemum segetum* beweisen, welchen zufolge diese Pflanze schon bei einem Mangangehalte des Bodens von 1 pCt. durchaus nicht mehr gedeiht. Zweifelhafter möchte es dagegen sein, ob das gleiche Verhältniss auch in Beziehung auf die Erdarten eintritt und ob diese

bei ihrer geringen Auflöslichkeit in reinem und kohlensaurem Wasser je einer Pflanze in solcher Menge zugeführt werden, dass das Wachsthum derselben beeinträchtigt wird. In dieser Beziehung möchte wohl die Kieselerde der indifferenteste Bestandtheil des Bodens sein, indem sie die geringste Auflöslichkeit besitzt und auch in chemischer Beziehung eine weniger wichtige Rolle im Pflanzenleben zu spielen scheint; nach der Kieselerde möchte wohl die Thonerde in Betracht kommen, alsdann die Bittererde und besonders die Kalkerde, insoferne die letzteren wegen ihrer alkalischen Eigenschaften und wegen der grösseren Löslichkeit ihrer kohlensauren und humussauren Salze sich schon den kräftiger wirkenden Alkalien nähern.

In wie weit nun das Gedeihen der Pflanzen von der Anwesenheit oder Abwesenheit bestimmter Stoffe im Boden und von ihrer relativen Menge abhängt, hierüber können wir wohl am sichersten von den Erfahrungen, welche der Landwirth und der Pflanzengeograph sammelt, Aufschluss erwarten. Der Landwirth hat dabei den entschiedenen Vortheil, dass er eine weit geringere Anzahl von Pflanzen zu beobachten hat, somit durch Analysen der Pflanzen und der Bodenarten leichter reine Resultate zu erhalten im Stande ist, nicht blos auf die allgemein in Menge verbreiteten Bestandtheile des Erdbodens Rücksicht nehmen, sondern auch die in geringeren Quantitäten und nur seltener vorkommenden Stoffe beachten kann, wodurch es ihm möglich wird, bis in das genaueste Detail die Einwirkung aller Bestandtheile des Bodens auf die Ernährung der Pflanzen auszumitteln. Zugleich kann er das bessere oder schlechtere Gedeihen der Pflanzen durch Maass und Gewicht sehr scharf bestimmen, was allein eine genaue Vergleichung seiner verschiedenen Erfahrungen möglich macht.

Diese Genauigkeit kann der Pflanzengeograph nicht erreichen, er hat es mit einer solchen Masse von Gewächsen zu thun, dass an eine chemische Untersuchung derselben und zwar nicht nur von einem (denn das würde nichts nützen), sondern von vielen Standorten und an eine vergleichende Untersuchung der Bodenarten, auf denen sie gewachsen sind, nicht zu denken ist; er kann sich daher nur an die allgemeinen Verhältnisse der verschiedenen Gebirgsformationen halten, was keine grosse Genauigkeit zulässt. Der Pflanzengeograph hat ferner kein Mittel, um die Zuträglichkeit oder den Nachtheil bestimmter Bodenarten zu ermitteln, als den gänzlichen Mangel einer Pflanzenart auf einem bestimmten Boden und die sehr unsichere Schätzung ihres bessern oder geringern Wachsthumes, ihrer relativen Häufigkeit, welche Verhältnisse ebensowohl in einer Menge anderer Ursachen, als in der Bodenmischung begründet sein können. Dagegen hat der Pflanzengeograph den Vortheil, sehr ausgedehnte Beobachtungen, welche sich über die entlegensten Gegenden vom verschiedensten Clima erstrecken, benützen zu können, er ist daher weniger der Gefahr ausgesetzt, durch lokale Eigenthümlichkeiten, den Einfluss des Climas u. dergl. getäuscht zu werden; er hat ferner den grossen Vortheil, dass die Pflanzen, mit welchen er sich beschäftigt, grösstentheils wild wachsen, also von der Natur selbst an die ihnen passendsten Stellen gesetzt sind und somit einen weit sichereren Schluss auf die Zuträglichkeit des Bodens gestatten, als die landwirthschaftlichen Gewächse, deren ganzes Dasein ein erzwungenes ist, die ohne Kunsthülfe beinahe alle in wenigen Jahren aus unsern Gegenden verschwunden wären, welche grossentheils in naturhistorischer Hinsicht als wahre, durch widernatürliche Einflüsse entstandene Monstra zu betrachten sind und daher den Beobachter der Gefahr aussetzen, manche Einflüsse für zu-

träglich zu erachten, während sie nur geeignet sind, Missgestalten hervorzurufen, welche kaum weniger abscheulich sind, als die Kröpfe und der Cretinismus, welche Walliser Luft und Wasser zur Folge haben.

Vergleichen wir, was in Beziehung auf die in Rede stehenden Punkte der Landwirth und der Pflanzengeograph leisten kann, so ist ohne Zweifel der erstere allein im Stande, genaue Resultate zu erhalten; dessen unerachtet kann die Pflanzengeographie werthvolle Beiträge zur Lösung der hier sich darbietenden Fragen liefern.

Sehen wir in den pflanzengeographischen Schriften nach, welche Resultate die Vergleichung der Vegetation einzelner Gegenden mit dem unterliegenden Boden lieferte, so werden wir nicht ohne Erstaunen den grössten Mangel an Uebereinstimmung finden. Während nämlich ein Theil der Pflanzengeographen, wie Wahlenberg [1], Decandolle [2], Schouw [3] durchaus läugnen, dass die chemische Mischung der verschiedenen Gebirgsarten irgend einen erheblichen Einfluss auf das Vorkommen der Pflanzen äussere, so sieht ein anderer Theil, z. B. Hoppe, Zahlbruckner [4], Unger [5], die beiden Sauter [6], Oswald Heer [7], gerade in diesem Verhältnisse den hauptsächlichsten Grund von der Verschiedenheit der Vegetation in verschiedenen, einander in Hinsicht auf die übrigen Verhältnisse ähnlichen Gegenden.

Dieser Mangel an Uebereinstimmung scheint auf den ersten Anblick unerklärlich, denn wenn man die grosse Verschiedenheit betrachtet, welche zwischen der Vegetation sehr abweichender Gebirgsarten, z. B. des Kalkgebirges und des Granites stattfindet, so scheint es sehr leicht zu sein, durch Vergleichung der Vegetation verschiedener Gegenden von abweichender geognostischer Beschaffenheit den Einfluss der chemischen Mischung des Bodens auf die Vegetation zu ermitteln; allein eine nähere Beschäftigung mit dem Gegenstande zeigt bald, dass die Schwierigkeiten, mit denen man dabei zu kämpfen hat, beinahe unüberwindlich sind.

Da in den Naturwissenschaften eine kleinere Reihe mit Genauigkeit durchgeführter Untersuchungen in der Regel zu weit sichereren Resultaten führt, als eine grosse Reihe von Beobachtungen, welche nur halb genau sind, so könnte man glauben, es sei im vorliegenden Falle das Sicherste, die Vegetation eines beschränkteren Gebietes mit möglichster Sorgfalt zu untersuchen, indem sich erwarten lasse, dass die Resultate, welche man in der einen Gegend erhält, sich überall als constante Regel erweisen werden. Man hat bei der Untersuchung einer beschränkten Gegend den Vortheil, sich mit eigenen Augen von dem Vorkommen einer jeden Species auf dieser oder jener Bodenart, von ihrem bessern oder schlechtern Gedeihen, von ihrer

1) Flora Carpatorum. p. LX.

2) Dictionnaire d. scienc. natur. T. XVIII. Art. Géographie botanique. — Physiologie végétale. T. III. p. 1237.

3) Grundzüge einer allgemeinen Pflanzengeographie p. 155.

4) Darstellung d. pflanzengeographischen Verhältnisse d. Erzherzogthums Oesterreich unter der Ens; im ersten Bande der Beiträge zur Landeskunde Oesterreichs unter der Ens.

5) Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse.

6) Flora. 1831.

7) Die Vegetationsverhältnisse des südöstlichen Theiles des Cantons Glarus; in Fröbel's und Heer's Mittheilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde T. I.

relativen Häufigkeit u. s. w. zu unterrichten und kann zugleich Beobachtungen über die physischen Verhältnisse der Standörter, über die meteorologischen Eigenthümlichkeiten der Gegend anstellen. Dieses ist auch der Weg, welchen die österreichischen Botaniker eingeschlagen haben, und auf welchem besonders Unger Treffliches geleistet hat. Gehen wir jedoch die Pflanzenverzeichnisse einzelner Gegenden durch, so wird uns bald klar werden, dass dieser Weg nicht zum sicheren Ziele führen kann, denn wir werden finden, dass der eine Beobachter als Standort einer Pflanze den Kalk angiebt, während ein anderer in einer entfernten Gegend dieselbe Art nur auf Urgebirge findet. Wenn solche widersprechende Beobachtungen blos einzelne Pflanzen betreffen würden, so wären diese natürlicherweise blos als Ausnahmen zu betrachten, durch welche die allgemeine Regel nicht umgestossen würde, da sich aber diese Ausnahmen, je weiter wir die Vergleichung ausdehnen, immer mehr und mehr häufen, so müssen wir zu dem Schlusse kommen, dass die Untersuchung einer speciellen Gegend zwar einen sehr werthvollen Beitrag zur Kenntniss der Abhängigkeit der einzelnen Pflanzenarten von den Gebirgsarten liefert, dass aber aus derselben niemals mit Sicherheit zu bestimmen ist, ob eine Pflanze vorzugsweise oder allein auf einer bestimmten Gebirgsart wächst und ob die Vegetation der verschiedenen Gebirgsarten überhaupt wesentlich von einander abweiche, dass es daher unumgänglich nothwendig ist, die Floren entfernter Gegenden mit einander zu vergleichen, wenn irgend sichere Resultate erhalten werden sollen.

Versuchen wir nun, eine solche Vergleichung wirklich durchzuführen, so sind die Schwierigkeiten bei der Ausführung sehr gross, indem die meisten Localfloren für diesen Zweck ganz unbrauchbar sind, da sie nur selten mit Rücksicht auf Pflanzengeographie und fast nie mit Rücksicht auf die Bodenart, auf welcher die Pflanzen stehen, ausgearbeitet sind; man geräth daher bei unvorsichtiger Benützung der Pflanzenverzeichnisse solcher Gegenden, welche man nicht selbst besucht hat, in Gefahr, wegen Unvollständigkeit der Angaben Unrichtiges aufzunehmen und so an der Genauigkeit der Beobachtungen wieder mehr zu verlieren, als man am Umfange derselben gewann.

Diese Unzuverlässigkeit findet in minderem Grade bei Untersuchung der Gebirgsfloren statt, einmal, weil wir über manche Theile der Alpen, der Carpathen und Scandinaviens Floren und Pflanzenverzeichnisse besitzen, welche mit Rücksicht auf die Verhältnisse des Bodens ausgearbeitet sind, anderntheils weil wir manche Pflanzenverzeichnisse einzelner Berge, Alpen u. dgl. benützen können, ungeachtet die Verfasser keine Rücksicht auf die Gebirgsart nahmen, weil die geognostische Beschaffenheit der von ihnen besuchten Gegenden von anderer Seite her bekannt ist. Schon diese Umstände bestimmten mich im Folgenden nur auf die Flora der Alpen, des Jura, der Carpathen und Scandinaviens Rücksicht zu nehmen, und alle im mittlern Europa ausschliesslich im ebenen Lande oder auf niederen Bergen wachsende Pflanzen auszuschliessen, ausserdem aber bewogen mich zu diesem Verfahren noch folgende Gründe.

Einmal hat man in unsern Gegenden beinahe nur im Gebirge den Vortheil, eine durch die Bearbeitung des Bodens noch nicht veränderte Vegetation zu treffen, anderntheils tritt in der Regel in Gebirgsgegenden die Einwirkung der chemischen Mischung des Bodens auf die Vegetation weit ungetrübter hervor, als im flachen Lande. Nicht nur wechseln im Allgemeinen im Hügellande die verschiedenen Gebirgsarten auf kür-

zeren Strecken mit einander, bestehen grossentheils aus weniger scharf characterisirten Sandsteinbildungen der Flötzperiode, aus Dilluvial- und Alluvialbildungen, in welchen die Bruchstücke der verschiedensten Gebirgsarten unter einander gemengt sind, sondern es sind auch die anstehenden Gesteine grossentheils mit einer dicken Schichte von Dammerde bedeckt, welche zum Theile aus der Entfernung herbeigeschwemmt, durch lange Cultur, Düngung u. dgl. in ihrer ursprünglichen Mischung so sehr verändert ist, dass sich aus der Beschaffenheit der unterliegenden Gebirgsart gar kein Schluss auf die Zusammensetzung der Erde, in welcher die Pflanze steht, machen lässt. Im Gebirge dagegen, besonders in den hohen Alpen, steht theilweise der Fels zu Tage und es wachsen nicht wenige Pflanzen im Gerölle der nur seit kurzer Zeit vom anstehenden Felsen losgetrennten und nur wenig verwitterten Gesteine, es ist ferner, wo auch eine Erdschichte den Felsen deckt, dieselbe dünner, sie wird von Zeit zu Zeit vom Wasser wieder weggeführt, sie ist nicht von ferne her angeschwemmt, sondern ein Verwitterungsboden, so dass man eher, als im ebenen Lande, aus der Beschaffenheit der unterliegenden Gesteine auf die Mischung der Erde einen Schluss wagen darf.

Aus diesen Gründen halte ich die Verzeichnisse der Vegetation von Alpengegenden für meinen Zweck für weit sicherer, als Pflanzenverzeichnisse aus ebenen Gegenden, selbst wenn die letzteren mit der genauesten Rücksicht auf die geognostische Beschaffenheit der Unterlage entworfen wurden, wie die von Lachmann über die Flor von Braunschweig, vom Grafen von Mandelsloh über die Flor der schwäbischen Alp ausgearbeiteten. Auch kann es keinem Botaniker entgehen, wenn er diese Verzeichnisse durchliest, dass in denselben sich grossentheils nur locale Eigenthümlichkeiten abspiegeln, indem er beinahe alle aufgeführten Pflanzen in andern Gegenden unter sehr abweichenden Verhältnissen gefunden haben wird.

Bei einer mit Rücksicht auf die Bodenbeschaffenheit angestellten Betrachtung der Alpenflor wird es bald deutlich, dass es in pflanzengeographischer Hinsicht zu gar keinem Resultate führen würde, wenn man dabei jede einzelne in den Alpen vorkommende Gebirgsart unterscheiden wollte. Nicht nur fehlt es bisher an dem zu einer solchen Arbeit nothwendigen Material, sondern eine jede Alpenreise zeigt auch, dass eine solche genaue Unterscheidung der verschiedenen Gesteine für den Pflanzengeographen durchaus ohne Werth wäre, indem die Vegetation nicht in gleichem Grade, wie die Gesteine, wechselt. Dieses gilt insbesondere vom sogenannten Urgebirge. Man durchwandere einen Gebirgsstock, in welchem die verschiedensten Abänderungen der Urgebirge, verschiedene Modificationen von Granit, Gneus, Glimmerschiefer, Serpentin u. s. w. im mannigfachsten Wechsel vorkommen, so wird man im Allgemeinen die Vegetation auf diesen verschiedenen Unterlagen so übereinstimmend finden, dass wir wohl den Einfluss aller dieser Gesteine auf die Vegetation als gleichförmig betrachten dürfen. Man vergleiche ferner die Vegetation der schweizer Granitgebirge, mit der auf den tyroler Glimmerschieferalpen befindlichen, mit der auf dem glarner oder kitzbühler Thonschiefer, mit der Vegetation des scandinavischen Gneuses, so wird auch hier wieder die Uebereinstimmung der über diese verschiedenen Gegenden vorhandenen Pflanzenverzeichnisse überraschend sein. Wir können daher allen diesen Gesteinen in pflanzengeographischer Hinsicht denselben Werth zuschreiben und ihre Vegetation unter dem Ausdrucke der Urgebirgsflora zusammenfassen.

Eine ebenso grosse Uebereinstimmung werden wir ferner zwischen der Vegetation der verschiedenen

Kalkgebirge finden, zu welcher Formation auch ihr Kalkstein gehört; auch der Umstand, ob das Gestein reiner Kalk oder Dolomit ist, scheint von keiner Bedeutung zu sein, wenigstens findet man in demselben Gebirgszuge, in welchem Kalk und Dolomit wechseln, wenn beide Gesteine in Hinsicht auf ihre physischen Eigenschaften Aehnlichkeit haben, keinen Unterschied in der Vegetation; desshalb möchte ich auch, weil einige in botanischer Hinsicht berühmte Stellen, wie die Seysseralpe, Dolomit besitzen, den Pflanzenreichthum derselben nicht in dem Bittererdegehalt ihres Gesteines begründet glauben.

Diese Verhältnisse sind so auffallend, dass alle Pflanzengeographen von einer Kalk- und Urgebirgsflora sprechen, auch wenn sie den Grund der Verschiedenheit nicht in der chemischen Mischung des Bodens suchen.

Untersuchen wir nun, in wie ferne diese Verschiedenheit der Vegetation sich nach der Verschiedenheit der Bodenbeschaffenheit richtet, ob dieselbe so constant ist, dass die chemische Mischung des Bodens als das hauptsächlichste Moment erscheint, oder ob nicht Verhältnisse dabei vorkommen, welche es wahrscheinlich machen, dass andere Umstände zu dieser Verschiedenheit der Vegetation beitragen, oder als die hauptsächlichsten Ursachen derselben zu betrachten sind.

Diejenigen Botaniker, welche wie Zahlbruckner, Unger den Grund des Vorkommens gewisser Pflanzen in bestimmten Gegenden in der geognostischen Beschaffenheit der letzteren suchen, berufen sich hiebei hauptsächlich auf das Gesammtbild der Vegetation verschiedener Bodenarten. Sie läugnen zwar nicht, dass manche Pflanzen, welche gewöhnlich auf Kalkboden stehen, auch auf Urgebirge gefunden werden und umgekehrt, sie erklären aber diese Fälle für eine Ausnahme von der Regel, indem es allgemeine Erfahrung sei, dass die Mehrzahl der Pflanzenarten auf eine gewisse Bodenart beschränkt sei und dass nur eine verhältnissmässig geringe Anzahl von Gewächsen auf jedem Boden gleich gut gedeihe. Solche auf einem ihrer Natur fremdartigen Boden stehende Pflanzen sollen nie dasselbe freudige Gedeihen wie auf ihrem natürlichen Standorte zeigen, in geringer Individuenzahl vorkommen und nie die Hauptmasse der Vegetation bilden, sondern nur als vereinzelte Exemplare sich im Kampfe gegen die dem Boden eigenthümlichen Pflanzen erhalten. Unger, welcher diese Verhältnisse mit der meisten Umsicht untersuchte, unterscheidet die verschiedenen Modificationen der Abhängigkeit der Pflanzen von der Bodenbeschaffenheit durch die Ausdrücke bodenstet, bodenhold und bodenvag.

Die Gegenparthie, als deren hauptsächlichste Führer Wahlenberg (wenigstens in seiner *Flora carpatorum*, weniger in seiner späteren *Flora suecia*) und Decandolle betrachtet werden können, läugnen zwar das Vorherrschen gewisser Pflanzenarten auf einem bestimmten Boden nicht, sie glauben aber, dass keine Pflanze auf eine bestimmte Gebirgsart eingeschränkt sei, und dass die Vorliebe einzelner Pflanzen für eine bestimmte Bodenbeschaffenheit nicht von der chemischen Mischung, sondern von den physischen Eigenschaften des Bodens abhänge.

Betrachten wir nun die einzelnen Punkte, welche bei Untersuchung dieser Verhältnisse zur Sprache kommen.

Die Bestimmung der Bodenstetigkeit einer Pflanze unterliegt häufig weit grösseren Schwierigkeiten,

als es auf den ersten Anblick scheinen könnte, indem, wie ich schon oben berührte, Beobachtungen, welche sich auf eine beschränkte Gegend beziehen, in dieser Beziehung nichts entscheiden können. Wahlenberg [1]) zeigte an einer Reihe höchst auffallender Beispiele, wie in dieser Hinsicht dieselben Pflanzenarten in der Schweiz, in den Carpathen und in Scandinavien ein durchaus entgegengesetztes Verhalten zeigen; ebenso giebt Decandolle [2]) als Resultat seiner siebenjährigen Reisen in Frankreich an, er hätte beinahe alle Pflanzen auf beinahe allen Bodenarten gefunden. Wir können aus diesem Grunde nur dann ein sicheres Urtheil über die Bodenstetigkeit einer Pflanze fällen, wenn dieselbe überall constant nur auf derselben Gebirgsart wächst. Wie grosse Vorsicht in dieser Beziehung nothwendig ist, erhellt auf das überzeugendste aus den bisher gelieferten Uebersichten der Vegetation einzelner Alpengegenden, indem die meisten derselben eine grosse Menge von Pflanzen als einer bestimmten Gebirgsart ausschliessend eigen aufführen, welche in andern Verzeichnissen als einem ganz entgegengesetzten Boden eigenthümlich aufgeführt sind; so zählt z. B. das Verzeichniss von Zahlbruckner zu viele Pflanzen als Kalkpflanzen, die Verzeichnisse von Hoppe, Oswald Heer zu viele als dem Urgebirge oder Thonschiefer eigenthümlich auf, und so sah auch ich mich genöthigt, in dem weiter unten folgenden Verzeichnisse manche Pflanzen, welche Unger als bodenstet bezeichnet, unter die bodenvagen zu versetzen.

Diese Nothwendigkeit, eine Vergleichung des Vorkommens derselben Pflanze in entfernt liegenden Gegenden zum Behufe der Bestimmung ihrer Abhängigkeit vom Boden anzustellen, macht es räthlich, bei Untersuchung dieser Verhältnisse keinen grossen Werth auf alle seltenen, nur in beschränkten Gegenden wachsenden Pflanzen zu legen. Wer ist im Stande, einen Grund dafür anzugeben, warum *Braya alpina* nur am Grossglockner, *Wulfenia carinthiaca* blos auf der Kühwegeralpe, *Alsine sedoides* nur im Algau, *Swertia carinthiaca* in der ganzen Schweiz nur im Saaserthale, *Trientalis europaea* auf dem Gotthard, *Phyteuma humile* blos in der Umgebung des Monte Rosa, *Achillea alpina* blos am Gotthard, *Achillea ambigua* blos am Rhonegletscher, *Potentilla ambigua* nur bei Zermatt, *Draba incana* nur am Ganterisch, *Festuca decolorans* blos am Staubbache, *Pedicularis atrorubens* nur auf dem grossen Bernhard wächst? Legen wir bei solchen Pflanzen ein Gewicht darauf, dass sie auf Kalk oder auf Urgebirge wachsen, so geben wir einen Grund ihres Vorkommens an, für welchen wir gar keinen Beweis haben, denn ähnliche, aus ganz gleichen Gesteinen gebildete Stellen, wie die, an welchen sie wachsen, finden sich in der langen Alpenkette zu Tausenden, ohne dass sich die Pflanzen auf ihnen finden; ebendesshalb ist es aber sehr gewagt, sich dahin auszusprechen, dass an den isolirten Stellen, an welchen solche Pflanzen wachsen, die Ursache ihres Vorkommens in der Bodenbeschaffenheit liege und dass diese Pflanzen bodenstet seien.

Unger stellt gewissermasen den entgegengesetzten Grundsatz auf [3]), indem er angiebt, dass hauptsächlich die seltenen, wenig verbreiteten Gewächse die Abhängigkeit der Vegetation vom Boden zu beweisen geeignet seien. Hier kommt es ganz auf den Begriff an, den man mit Seltenheit einer Pflanze verbindet. Wenn

1) Flora carpatorum p. LX. etc.

2) Dict. des scienc. natur. T. XVIII p. 377.

3) p. 165.

eine Pflanze einen grossen, vielleicht sehr unterbrochenen Verbreitungsbezirk hat und dennoch im Ganzen selten ist, so kann sie allerdings ein sehr gutes Beispiel für die Abhängigkeit ihres Vorkommens von der Bodenbeschaffenheit liefern; allein nicht selten gehören solche Pflanzen zu den bodenvagen und erfordern um so grössere Vorsicht, als sie in dem einen Gebirge constant auf einem bestimmten Boden wachsen können, während sie in einem entlegenen Gebirge einen andern Boden bewohnen. Beispiele hiefür bieten die meisten von WAHLENBERG angeführten Kalkpflanzen der Carpathen, welche in Scandinavien und in der Schweiz häufig auf Urgebirge wachsen; ähnlich verhält es sich mit vielen lappländischen Pflanzen, welche auch in unsern Alpen vorkommen, hier auf Kalk, in Lappland auf Urgebirge stehen u. s. w.

Als weitere Regel wird angegeben, man soll den Einfluss der chemischen Mischung des Bodens auf die Pflanze aus ihrem kräftigen Gedeihen, aus der relativen Menge der Exemplare beurtheilen. Dieser Grundsatz ist nun zwar im allgemeinen unstreitig vollkommen richtig, allein man schreibt dabei gewiss der chemischen Mischung des Bodens zu, was in den meisten Fällen in vielen andern Umständen mit begründet ist. Dass eine Pflanze kräftig gedeiht, dass sie in vielen Exemplaren vorhanden ist, dazu gehört ein Zusammenwirken von vielen günstigen äussern Umständen, günstige Bodenbeschaffenheit in physischer wie in chemischer Hinsicht, passendes Clima, gehöriger Grad von Feuchtigkeit, Licht u. s. w. Wir dürfen daher durchaus nicht, mit Vernachlässigung dieser andern Verhältnisse, die chemische Mischung des Bodens einseitig hervorheben, denn die Beispiele sind häufig genug, welche zeigen, dass dieses Moment auch ein untergeordnetes sein kann.

Dass eine Kalkpflanze häufig auf Urgebirge wachse und umgekehrt, das geben alle Vertheidiger des chemischen Einflusses des Bodens zu, sie finden den Grund dieses abweichenden Verhältnisses hauptsächlich darin, dass an den Grenzen zwischen Kalk und Urgebirge sich leicht eine bodenstete Pflanze durch Samen auf die ihr unpassende Gebirgsart verbreiten könne; dann aber soll sie kümmerlich wachsen und nur in einzelnen Exemplaren vorkommen. Ist dieses letztere gegründet? Ich will nicht auf eine Menge von Beispielen hinweisen, dass Urgebirgpflanzen auf Kalk (oder umgekehrt) sehr kräftig vegetiren, z. B. auf *Rhododendrum ferrugineum, Erica vulgaris* auf Kalkboden, sondern ich berufe mich hiebei auf UNGER selbst, welcher erzählt [1]), er hätte in der Gegend von Graetz auf einem Gneusgebirge, welches auf ähnliche Weise wie Kalk verwitterte, eine Kalkvegetation gefunden, nämlich *Fagus sylvatica, Arabis arenosa, Cynanchum Vincetoxicum, Cyclamen europaeum, Daphne Mezereum, Erica herbacea.* Der Gneus war allerdings nicht frei von Kalk, und in der Nähe eines Kalkgebirges; einige eingelagerte Kalklager machen aber den Gneus noch nicht zum Kalkgebirge. Sonst, wenn auf Urgebirge Kalkpflanzen wachsen, verändert sich nicht die ganze Vegetation desselben, sondern es tritt eine und die andere Kalkpflanze auf und im Ganzen bleibt die Urgebirgvegetation ungestört; hier ist es umgekehrt. Sonst aber, wenn Kalk den Urgebirgfelsen beigemischt ist, ändert sich nicht die physische Beschaffenheit der letztern in diesem Grade, denn hier zeigen sie, nach UNGER's Angabe, eine „bröckliche" Verwitterung nach Art von Kalkfelsen. Da nun eben-

1) Flora 1837. Nr. 40.

damit eine vollständige Kalkvegetation auftritt, so liefert uns diese Beobachtung ein sehr deutliches Beispiel von dem mächtigen Einflusse der mechanischen Verhältnisse des Bodens und sie beweist, dass dieser Einfluss hier über den Einfluss der chemischen Mischung vorherrscht, und dass überhaupt, wo die übrigen Umstände sehr günstig sind, eine Pflanze auch auf einer Unterlage, welche ihr nicht besonders zusagt, kräftig gedeihen kann.

Die Annahme, dass von Kalkgebirgen die Samen auf Urgebirge übergeführt werden und umgekehrt, kann allerdings das ungewöhnliche Vorkommen mancher Pflanzen erklären, sie erklärt aber nichts in Beziehung auf die Ernährung der Pflanzen. Wenn der Same einer Kalkpflanze auf Urgebirg übergetragen wird, so muss sogleich die aus ihr aufwachsende Pflanze zu Grunde gehen, wenn wir sie für eine kalkstete Pflanze erklären sollen. Hält sie sich dagegen in gedeihlichem Wachsthume, pflanzt sie sich fort, so ist es ein Zeichen, dass sie im Urgebirgsboden die ihr zuträgliche Nahrung findet; warum soll sie nun in einem solchen Falle nicht auch auf diesem Gebirge einheimisch sein können, wenn sie auch sonst in der Regel auf Kalk wächst? Betrachten wir die Fälle, in welchen Kalkpflanzen auf Urgebirge wachsen, oder umgekehrt, so ist es nicht wahrscheinlich, dass sie immer Flüchtlinge auf fremdem Gebiete sind. Wenn in ganz Lappland, dessen Boden beinahe reines Urgebirge ist, viele Pflanzen wachsen, welche in den Alpen und den Carpathen auf Kalk wachsen, müssen wir nicht annehmen, dass sie dort auf Urgebirge ebenso gut zu Hause sind, als hier auf Kalk? Müssen wir das gleiche nicht auch in der Mehrzahl der Fälle in den Alpen selbst annehmen? Dass die Samen durch Winde, Wasser u. s. w. auf entlegene Stellen gebracht werden, geschieht freilich häufig genug, und die Pflanzen, welche sich auf Schutthalden, Felsen u. s. w. ansiedeln, beweisen eine solche Verbreitung hinreichend, allein solche Fälle sind doch wohl nur Ausnahmen von der Regel und im Allgemeinen hält sich jede Pflanze auf einem ziemlich beschränkten Gebiete. An die grossen Wanderungen der Pflanzen von einem Gebirgsstocke über ganze Gebirgszüge glaubt wohl jetzt Niemand mehr, allein auch Wanderungen über kleinere Strecken müssen in unsern Gebirgen weit seltener sein, als gewöhnlich angenommen wird, wie wäre es sonst erklärlich, dass so viele Alpenpflanzen auf so kleine Stellen eingeschränkt sind? Wenn schon auf demselben Gebirgsstocke die Alpenpflanzen sich an einzelnen Stellen halten, um wie viel seltener muss es sein, dass sie über Berg und Thal auf entlegene Alpen geführt werden und sich daselbst ansiedeln, wie wenig sind wir desshalb berechtigt, jedes ungewöhnliche Vorkommen von einer künstlichen Uebertragung der Samen aus der Entfernung her zu erklären.

Die Beobachtung, dass dieselbe Pflanzenart in verschiedenen Gebirgen nicht die gleiche Gebirgsart zur Unterlage hat, beweist, dass ausser der Bodenbeschaffenheit noch andere Umstände auf die Verbreitung der Pflanzen einwirken. Unter diesen Einflüssen möchte bei der Betrachtung der Alpenvegetation ein vorzüglich hoher Werth auf die absolute Höhe, nicht sowohl des Standortes der Pflanzen, als vielmehr der Berge, auf denen sie wachsen, zu legen sein; ein Verhältniss, auf welches die Pflanzengeographen weit weniger Aufmerksamkeit verwendeten, als es verdient, indem es beinahe nur von Wahlenberg hervorgehoben wurde. Dieser Einfluss wird deutlich, wenn man die Regionen der einzelnen Arten in der Centralkette der Gebirge und in den Seitenketten vergleicht, wobei man findet, dass in der Centralkette die Vegetationsgren-

zen der einzelnen Pflanzen bald bedeutend herabgedrückt, bald erhoben sind. So steigt z. B. in den nördlichen Alpenzügen der Getreidebau wohl an keinem Orte viel höher, als auf 3000 Fuss, er bleibt daher ungefähr 2000 Fuss unter der obern Grenze der Nadelhölzer zurück; in der penninischen Alpenkette wetteifert dagegen das Getreide mit den Nadelhölzern (und zwar nicht blos mit *Pinus sylvestris* und *Abies excelsa*, welche schon längst zurückgeblieben sind, sondern mit *Pinus Larix* und *Cembra*) in der Höhe und steigt auf 5 — 6000 Fuss, und zwar nicht blos auf der italienischen, sondern auch auf der schweizer Seite, z. B. bei Zermatt. Die Birke sehen wir auf dem Granite der Grimsel noch in einer Höhe von etwa 6080 Fuss, in den höheren penninischen Alpen verkrüppelt sie schon unterhalb Zermatt in einer Höhe, welche 4000 Fuss nur um weniges übersteigt, zum niedern Gestrüppe, während Berberis und die Vogelbeere weit tiefer ins Gebirge vordringen. *Pinus Cembra* steht in dem nördlichen Alpenzuge, z. B. im bayrischen Gebirge, immer hoch in den Alpen und bildet den oberen Saum der Wälder, in den penninischen Alpen liegen Getreidefelder zwischen den Arvenwäldern und *Filago Leontopodium*, welches in den Seitenketten der Alpen gewiss Niemand als Getreideunkraut sah, wächst in Menge auf den Ackerreinen. Aehnliche Verhältnisse giebt Wahlenberg von den Carpathen an[1]; so fand er in den Centralcarpathen die obere Buchengrenze um 1000 Fuss tiefer, als in dem äusseren Theile des Gebirges, während bei *Corylus* und *Crataegus* die obere Vegetationsgrenze keine Depression erlitten hatte. Noch weit auffallender war die Depression der obern Vegetationsgrenze im Innern des Gebirges bei *Pinus sylvestris*, ein Verhältniss, welches auch in den Alpen in hohem Grade bei diesem Baume vorkommt. So fand ferner Wahlenberg manche Alpenpflanzen nur in den äussern Bergen der Carpathen, z. B. *Gentiana acaulis, verna, Dryas octopetala, Arenaria laricifolia,* während sie im centralen Gebirge fehlten. Bei andern verhielt es sich umgekehrt.

Wir dürfen uns, da solche Verschiedenheiten bei den allgemeiner verbreiteten Gewächsen vorkommen, wenn wir die Seitenketten der Alpen mit der Centralkette vergleichen, nicht darüber verwundern, wenn den ersteren eine Menge von Alpenpflanzen fehlen, welche in dem mittleren Gebirgszuge nicht zu den seltenen gehören und daselbst zum Theile auf ziemlich mässigen Höhen wachsen. Da nun aber die Seitenketten im Allgemeinen aus Kalk, die centrale Kette beinahe durchgängig aus Urgebirge besteht, so ist ein auf die chemische Mischung des Bodens gegründeter Fehlschluss sehr leicht zu begehen, und wenn ich mich nicht sehr irre, so hat sich Zahlbruckner durch diesen Umstand täuschen lassen, wenn er angiebt, es sei ein allgemeines Gesetz, dass in den Kalkalpen die untere und obere Vegetationsgrenze aller Alpenpflanzen bedeutend höher (um 1000 Fuss und mehr) liege, als in den Urgebirgalpen, dass die ersteren den Schnee früher verlieren, überhaupt wärmer seien. Diese Angaben sind wohl nicht auf Beobachtungen an solchen Stellen des Alpengebirgs gegründet, wo Kalk- und Urgebirgalpen sich zu gleicher Höhe erheben, beide in grossen Massen vorhanden sind, gleichmässig mit ihren Gipfeln die Schneegrenze übersteigen und beide gleich ausgedehnte Gletschermassen besitzen, sondern sie scheinen sich auf solche Gegenden zu beziehen, wo die Urgebirgalpen Theile eines höheren Gebirgsstockes sind, die Kalkalpen dagegen Nebenketten bilden und nur

1) Flora Carpatorum. p. LXXIV.

einzelne, isolirte Spitzen zu grösseren Höhen erheben. Unter solchen Verhältnissen liegt allerdings die Schneegrenze auf den Kalkalpen weit höher und die Berge sind wärmer, als wenn sie mitten im Gebirge liegen; jedenfalls sind aber solche Verschiedenheiten Folge der Lage und Form der Kalkalpen. Dessen unerachtet wurden alle Verschiedenheiten, welche man in der Vegetation dieser beiderlei Arten von Bergen beobachtet, nur als eine Folge der chemischen Mischung des Bodens und der Einwirkung des Kalks und des Urgebirges auf das Leben betrachtet. Dass ein Gebirge, dessen Gletscher bis auf 4000 Fuss herabgehen, eine andere Vegetation zeigen muss, als isolirte Bergspitzen, welche mit 8000 und 9000 Fuss noch keinen ewigen Schnee tragen, darüber darf man sich nicht verwundern, ebenso ist aber auch deutlich, dass man in solchen Fällen nicht alle Verschiedenheiten der Vegetation der chemischen Mischung der Felsarten zuschreiben darf.

Um diesen Einfluss, welchen die Höhe der Gebirge auf das Vorkommen der Pflanzen äussert, zu eliminiren, und den Einfluss des Bodens in seiner Reinheit zu erkennen, ist es nöthig, einentheils sehr entfernt liegende Gebirge, anderntheils die Flor der centralen Urgebirgalpen mit der Flor gleich hoher, im mittlern Alpenzuge liegender Kalkalpen zu vergleichen. Wie sehr sich die Flor solcher Kalkalpen der Urgebirgflor nähert, dafür liefert die Bergkette auf der Nordseite des Rhonethales von der Gemmi an westwärts bis zum Dent de Morcles ein auffallendes Beispiel.

Was nun endlich die Hauptschwierigkeit bei Untersuchung der in Rede stehenden Verhältnisse macht, ist der Umstand, dass die verschiedenen Gebirgsarten in den meisten Fällen nicht aus Verbindungen weniger Elementarstoffe bestehen, sondern dass beinahe jede Gebirgsart die verschiedenen Elemente, welche in der Asche der Gewächse gefunden werden, sämmtlich enthält, und dass nur die relative Menge dieser Stoffe in den verschiedenen Gebirgsarten sehr verschieden ist. Dieser Umstand kommt, wie dieses Unger mit Recht anführt, besonders beim Urgebirge sehr in Betracht, indem dieses wohl beinahe durchgängig wenigstens geringe Mengen von Kalk- und auch Talkerde enthält. Nicht nur sind an sehr vielen Stellen bedeutende Massen von Kalk im Urgebirge eingelagert, sondern häufig genug sind die Gesteine des Urgebirgs von einem geringen Gehalte von Kalk durchdrungen, sei es nun, dass ihnen derselbe mechanisch beigemengt ist, oder dass er als Bestandtheil der Hornblende, des Feldspathes, mancher Glimmerarten in ihnen auftritt. Um nur einige Beispiele aus unseren Urgebirgalpen, welche in botanischer Hinsicht berühmt sind, und in welchen das genannte Verhältniss stattfindet, aufzuführen, so enthält das Gebirge des Gotthards an verschiedenen Stellen, z. B. im Urserenthale compacten Kalkstein und an unzähligen Stellen Kalkspath (Saussure), das Gestein des Griespasses ist ebenfalls nicht frei von Kalk, der Granit des Mont Brevent enthält nach Th. Saussure 1,74 pCt. Kalk, ebenso finden sich in ganz Lappland und im nördlichen Schweden, welche Länder doch beinahe aus reinem Urgebirge bestehen, an einer Menge einzelner Stellen grössere oder geringere Kalkmassen eingelagert.

Auf der andern Seite kommen im Kalkgebirge ähnliche Annäherungen zu Quarzgesteinen vor; schon die im Urgebirge eingelagerten Kalk- und Dolomitmassen sind nicht immer frei von Quarz, hauptsächlich aber sind es die neueren Kalkformationen, welche an vielen Stellen in Kieselerdegestein übergehen. Wenn

auch noch die Mergelschiefer wegen vorherrschenden Kalkgehaltes dem Kalksteine nahe stehen, so finden sich doch häufig alle Uebergänge vom schieferigen Kalke zum Thonschiefer, und oft genug geht der Kalk durch Aufnahme von Quarzkörnern in dichten, oft sogar kalkarmen Sandstein über.

Unter diesen Umständen haben diejenigen, welche der chemischen Mischung des Bodens den hauptsächlichsten Einfluss auf die Verbreitung der Gewächse zuschreiben, gewonnenes Spiel, sie können das Vorkommen von Kalkpflanzen auf Urgebirge durch den geringen Kalkgehalt des letztern erklären, und zwar mit einer um so grösseren Wahrscheinlichkeit, da durch die Untersuchungen von Carl Sprengel bekannt ist, wie gering der Kalkgehalt des Bodens zu sein braucht, um selbst solche Pflanzen, welche in der Regel nur auf Kalkboden gedeihen, zu ernähren; wächst ja nach den Untersuchungen dieses Chemikers[1]) sogar die Esparsette auf einem Boden, welcher nur $^1/_5$ pCt. Kalk enthält, ganz gut. Ebenso erklärt sich wieder das Vorkommen von Urgebirgpflanzen auf Kalkgebirgen aus dem Kieselerdegehalte vieler Kalksteine, aus ihrem Uebergange in Thonschiefer und Sandstein.

Diese Erklärung des Vorkommens von Urgebirgpflanzen auf Kalkgebirgen und umgekehrt ist ohne Zweifel vollkommen richtig; nun entsteht aber die Frage, warum bei der grossen Verbreitung des Kalkes im Urgebirge und bei der häufigen Anwesenheit von Kieselerde und Thon im Kalkgebirge die Verschiedenheit der Vegetation beider Gebirge so bedeutend ist; wenn ein so geringer Kalkgehalt zur Ernährung der Pflanzen hinreicht, so sollte man vermuthen, dass nicht blos da und dort zwischen Urgebirgpflanzen eine Kalkpflanze auftauchen, sondern dass deren eine grosse Menge auf den Urgebirgen wachsen würde. Diese Seltenheit der Kalkpflanzen auf dem Urgebirge könnte nun darin ihren Grund haben, dass der Kalk nicht gleichförmig im Urgebirge verbreitet ist; ferner kann man anführen, dass wahre Kalkpflanzen nicht hinreichend vielen Kalk im Urgebirge finden, dass desshalb wohl kalkholde, aber nicht kalkstete Pflanzen in ihm gedeihen können, wie umgekehrt im Kalkgebirge auch alle diejenigen Pflanzen zu Grunde gehen müssen, welche keine bedeutende Menge von Kalk ertragen können.

Diese Gründe sind wohl in vielen Fällen die richtigen, sie reichen aber nicht zur Erklärung aller Umstände hin. Diese Gründe können nämlich nur das vereinzelte Vorkommen kalkholder Pflanzen auf Urgebirge und urgebirgholder Pflanzen auf Kalk erklären, sie können aber keinen genügenden Aufschluss über die merkwürdige, schon oben berührte Erscheinung geben, dass in der einen Gegend dieselbe Species sich als kalkstet zeigt, welche sich in einer andern Gegend als urgebirgstet erweist. Solche Beispiele, wenn sie auch nur als sehr seltene Anomalien vorkommen würden, wären dennoch von höchster Wichtigkeit, indem sie nicht nur nachweisen würden, dass manche Pflanze, welche im Allgemeinen für bodenstet gehalten wird, wider Erwarten die Fähigkeit zeigt, bei einer sehr verschiedenartigen unorganischen Nahrung gut gedeihen zu können, sondern hauptsächlich desshalb, weil sie darauf hinweisen, dass dieselbe Pflanzenart, je nachdem die äusseren Umstände verschieden sind, eine verschiedenartige Nahrung bedarf, oder wenigstens vorzieht

1) Bodenkunde. p. 261.

denn hier handelt es sich nicht darum, dass eine Pflanze, ungeachtet sie nicht den Boden, in welchem sie gewöhnlich wächst, findet, dennoch gut gedeiht, sondern darum, dass sie diesen Boden verschmäht und einen von anderer Beschaffenheit verlangt.

Dieser Umstand weisst meiner Ansicht nach darauf hin, dass solche Pflanzen, welche in verschiedenen Gegenden in verschiedenen Bodenarten wachsen, zwar sehr bestimmte Ansprüche an den Boden machen, dass jedoch nicht sowohl die chemische Mischung des Bodens, als seine übrigen Verhältnisse auf diese Pflanzen vom hauptsächlichsten Einflusse sind. Dadurch werden wir auf Betrachtung der physischen Beschaffenheit des Bodens hingewiesen.

Im Allgemeinen ist das Kalkgebirge trockener, weil es zerklüftet ist, die Wasser leicht in die Tiefe versinken lässt. Es ist desshalb ärmer an Moosen und Flechten, welche durch die Feuchtigkeit der Urgebirge hervorgerufen auch wieder kräftig zur Erhaltung derselben mitwirken und dadurch auch auf die Vegetation der Phanerogamen keinen unbedeutenden Einfluss ausüben.

Was die Fähigkeit zu verwittern anbetrifft, so ist es schwer, hierüber etwas allgemein Gültiges aufzustellen, indem sowohl im Kalk- als im Urgebirge Gesteine vorkommen, welche der Verwitterung äusserst hartnäckig widerstehen, wie manche Abänderungen der festen Kalksteine und manche Arten von Granit, während auf der andern Seite sowohl die dünngeschichteten, mergeligen Kalksteine als manche Abänderungen von Urgebirgfelsen, besonders die von schieferiger Textur, leicht der Verwitterung unterliegen. Doch lässt sich wohl im Allgemeinen sagen, dass die Felsen des Kalkgebirges leichter verwittern und mehr von der Kälte zersprengt werden, dass ihre Bruchstücke häufiger durch Lawinen, durch Wasser u. s. w. losgerissen werden, so dass dadurch häufiger als im Urgebirge ausgedehnte, kahle Felswände entstehen. Die Kalkfelsen zerfallen dabei gewöhnlich in grössere Bruchstücke, so dass hochgelegene, in der Nähe der Schneegrenze befindliche Thäler ein aus Felstrümmern bestehendes Steinfeld beinahe ohne alle zwischenliegende Erde darstellen, oder auch aus zerklüfteten, wie zerhackt aussehenden, vom Regen glatt gewaschenen Felsen bestehen, welche Thäler in verschiedenen Gegenden der deutschen und schweizer Alpen mit den Ausdrücken: K a r, K a r r e n f e l d, S c h r a t t e n bezeichnet werden. Die Gesteine des Urgebirges zerfallen dagegen in Folge der Verwitterung meistens in einen gröbern oder feinern Sand, so dass an hochgelegenen Stellen, an welchen sich keine Schichte von Dammerde ansammelt, und welche ebenfalls häufig mit regellos übereinandergestürzten Felsentrümmern bedeckt sind, zwischen den grösseren Bruchstücken ein bald trockener, bald vom Wasser durchdrungener Grus liegt, welcher vielen Gewächsen, z. B. *Artemisien, Ranunculus glacialis, rutaefolius*, manchen *Draba*, der *Aretia pennina, Lloydia serotina*, einigen *Hutchinsia* u. s. w. einen günstigen Standpunkt darbietet. Wegen dieses mechanischen Unterschiedes der halb zerfallenen Kalk- und Urgebirgsfelsen sind wohl im Allgemeinen in der Nähe der Schneegrenze die Kalkgebirge vegetationsärmer, als die Urgebirge.

So wichtig schon diese mechanische Veränderung der Felsarten ist, welche sie in Folge der anfangenden Verwitterung erleiden, so werden doch die Folgen der Verwitterung noch weit bedeutender, wenn wir die Umänderungen ins Auge fassen, welche bei länger dauernder Einwirkung der Atmosphärilien in den Gesteinen eintreten.

Im Kalkgebirge werden wir meistens an denjenigen Stellen, an welchen der Boden keine grosse Neigung gegen den Horizont hat, wo daher die durch Verwitterung sich bildende Erde nicht schnell wieder vom Regen weggeführt wird, sondern der längern Einwirkung des langsam abfliessenden Wassers ausgesetzt ist, den Boden von einer mehr oder weniger thonartigen Erdschichte bedeckt finden. In manchen Fällen, besonders im niedern Kalkgebirge, dessen Oberfläche sich häufig der horizontalen Lage nähert, sind diese Thonschichten wohl grösstentheils angeschwemmt, im steilen Alpengebirge sind sie dagegen wahrscheinlicherweise (wie Fuchs nachwies) durch Einwirkung des Wassers auf den Kalkstein entstanden. Indem nämlich das Wasser mittelst seines Gehaltes an Kohlensäure aus den oberflächlichen Steinschichten die kohlensaure Kalk- und Bittererde auflöst, lässt es die Kieselerde und den Thon, die im Kalkstein eingeschlossen waren, oder zwischen seinen Schichten lagen, zurück, und es bildet sich auf diese Weise ein verhältnissmässig kalkarmer, zäher Thonboden, welcher nun das Wasser zurückhält und häufig zur Versumpfung und Torfbildung Veranlassung giebt. Selbst auf die freistehenden Kalksteine übt das Wasser diese auflösende Wirkung aus und entzieht ihnen auf eine gewisse Tiefe den Kalk, so dass Fuchs erzählt, er hätte bei Tegernsee die Steine, die er anfänglich für Kalksteine gehalten, am Stahle Feuer geben sehen und in kieselartige, kalkleere Masse verwandelt gefunden. Wie schnell endlich manche dünnschieferige, mit dem Kalkgebirge in Verbindung stehende Mergel in einen bindigen Thonboden zerfallen, ist bekannt.

Vergleichen wir damit die Veränderungen, welche das Urgebirge bei seiner Verwitterung erfährt, so werden wir zwar eine Aehnlichkeit mit der Verwitterung der Kalksteine darin finden, dass auch die meisten Urgebirgsfelsen, wegen ihres Feldspathes, geeignet sind, einen Thonboden zu liefern. Diese Umwandlung geschieht aber nicht nur langsam, so dass beinahe überall im Gebirge der Dammerde eine grosse Menge von nur mechanisch verkleinerten, aber nicht verwitterten Bruchstücken der Felsen beigemengt ist, sondern es ist auch der verwitterte Boden wegen einer grossen Menge von Quarzkörnern, Glimmerblättchen u. dgl., die ihm beigemengt sind, weit nicht in dem Grade bindig und wasserhaltig, wie der aus der Zersetzung von Kalksteinen hervorgegangene. Wenn daher aus der Zersetzung von Urgebirgesteinen an manchen Stellen bedeutende Thonlager entstanden sind, so ist doch im allgemeinen der Urgebirgboden ein thoniger Sandboden mit allen Uebergängen zum leichtesten Sandboden.

Wenn schon diese halb mechanischen, halb chemischen Veränderungen der Gesteine den Bodenarten des Kalk- und Urgebirges eine sehr abweichende Beschaffenheit ertheilen, so wird diese noch weit grösser, wenn wir die Abänderungen des Humus, wie er auf diesen beiden Gebirgen sich bildet, vergleichen.

Es ist gewiss jedem Botaniker, welcher die Kalkalpen besuchte, die eigenthümliche Beschaffenheit des humosen Bodens aufgefallen, welcher sich zwischen den Trümmern der Kalksteine findet. Diese Erde ist sehr dunkel gefärbt, oft völlig schwarz, bildet mit Wasser einen schlüpfrigen, zähen Teig, welcher mit der Torferde Aehnlichkeit hat, und bildet beim Vertrocknen eine ziemlich feste Masse. Dem Urgebirge, besonders wo es etwas feucht und mit Vaccinien, Rhododendren, Azalea u. dgl. bewachsen ist, ist zwar eine in mancher Hinsicht ähnliche Erde nicht fremd, sie zeigt dagegen weniger jene torfähnliche Beschaffenheit, ist weniger

wasserhaltig, lockerer, mit Sand gemischt, zerfällt beim Trocknen pulverförmig, kurz sie nähert sich der Heideerde des ebenen Landes.

In Beziehung auf die Bildung des Torfbodens stehen sich wohl beide Gebirge ganz gleich, indem in beiden Gebirgen die Thonschichten hinreichende Gelegenheit zur Wasseransammlung und Vegetation von Torfpflanzen Veranlassung geben, im hohen Gebirge die reichlichen Wasserniederschläge auch an steil abhängigen Stellen die Vegetation von *Sphagnum* begünstigen, und dadurch die Torfbildung einleiten, welche noch überdiess durch das häufige Gefrieren des Bodens sehr unterstützt wird.

Betrachten wir nun diese physischen Verhältnisse der Erdarten und des Steingerölles der Kalk- und Urgebirgalpen, so werden wir schon in ihnen einen hinreichenden Grund zu einer mannigfach verschiedenen Vegetation finden. In Beziehung auf die Bildung des Torfbodens stimmen sie überein, es zeigt sich aber auch, dass die Torfpflanzen auf beiden gleich gut gedeihen. Eine weitere Uebereinstimmung zeigen sie in Beziehung auf den Thonboden. Indem dieser mehr die niedrigeren, flacheren Abhänge und Vertiefungen überzieht, so bildet er grossentheils die Grundlage von Wiesen; in Beziehung auf die Vegetation von diesen zeigt sich ebenfalls keine geringe Aehnlichkeit zwischen beiden Gebirgen. Gross wird dagegen die Verschiedenheit, wenn wir die höheren Alpen ins Auge fassen, welche mit einer kärglichen Schichte von Dammerde bedeckt sind, oder derselben auch ganz entbehren, so dass theilweise der nackte Fels zu Tage steht, oder Grus von zerfallenen Steinen den Boden bildet. Hier treten die grössten Verschiedenheiten in der Vegetation auf; allein hier sind auch die physischen Abweichungen des Bodens am grössten. Das zerfallene, mit Sand gemischte, von Wasser durchfeuchtete Gerölle der Urgebirge zeigt in seinen äusseren Verhältnissen gar keine Aehnlichkeit mit den zerklüfteten, mit wenigen Thontheilen und schwarzem, schlüpfrigem Humus gemischten Kalksteinen, der glatte Kalkfels differirt möglichst stark vom rauhen, sandigen, häufig blätterig zerspaltenen Urgebirgsfelsen, der trockene, felsige, heisse Kalkabhang vom feuchten, mit Moosen und Flechten bedeckten Abhange des Urgebirgs.

Wie sehr solche physische Verschiedenheiten der Bodenarten das Gedeihen der einzelnen Pflanzen hindern oder befördern, ist bekannt. In den meisten Fällen hängt ja das Vorkommen der Pflanzen an bestimmten Stellen von ausserordentlich geringen Modificationen des Bodens ab. Geringere oder grössere Beschattung, geringe Unterschiede in der Feuchtigkeit, Anwesenheit oder Abwesenheit von Steinen zwischen der Dammerde, grössere oder geringere Bindigkeit des Bodens und eine Menge anderer kleiner Verschiedenheiten bewirken eine Menge specieller, für besondere Pflanzen passender Localitäten, welche nicht genau beschrieben werden können, sondern deren Eigenthümlichkeiten nur durch öfteres Sehen erkannt werden können. Die Vertheidiger der chemischen Einwirkung des Bodens läugnen zwar diese Abhängigkeit der Vegetation von der physischen Beschaffenheit des Bodens nicht, halten die letztere dagegegen für ein untergeordnetes Moment. Dass sie dieses nicht ist, sondern dass sie eine der vorzüglichsten Bedingungen zum Gedeihen der Pflanzen ist, möchte theils aus den weiter unten angeführten Erfahrungen der Land- und Forstwirthschaft, theils aus Beobachtungen an wildwachsenden Pflanzen erhellen.

In dieser letzteren Beziehung ist wohl die Untersuchung der Gebirgsgegenden weniger geeignet, diesen

Einfluss nachzuweisen, als die Untersuchung der Floren ebener Gegenden, in welchen die relative Höhe der einzelnen Standörter keinen wesentlichen Einfluss äussert und der Boden in chemischer Hinsicht sehr gemischt ist. Unter den Floren solcher Gegenden kann vielleicht kein passenderes Beispiel gewählt werden, als die Flora unserer württembergischen Keupergegenden, insofern die unendliche Abwechslung von Mergel, Gyps, dünnen Schichten von Dolomit, feinkörnigen, thonigen, glimmerhaltigen Sandsteinen, grobkörnigen Sandsteinen mit kalkig-thonigem Bindungsmittel und eingesprengten Feldspathkörnern u. s. w. bei der leichten Verwitterbarkeit der meisten dieser Schichten einen so gemischten Boden liefert, dass an keiner Stelle desselben, (wenn man etwa die obersten an grobkörnigem Quarzsande reichen Schichten ausnimmt) irgend ein für die Vegetation als nothwendig erachteter unorganischer Bestandtheil fehlt, indem neben der Kieselerde und dem Thone, die Kalk- und Bittererde doch wenigstens zu einigen Procenten an allen Stellen gefunden werden, und alle Quellwasser eine reichliche Menge von Gyps und kohlensaurem Kalk aufgelöst enthalten. Ganz übereinstimmend mit dieser Bodenbeschaffenheit ist auch die Vegetation, indem sie durchaus ein Gemisch von Kalk- und Urgebirgpflanzen darbietet. Es wachsen nämlich, ungeachtet grössere Kalklager dieser Formation abgehen, in dem meistens stark thonigen Boden eine grosse Menge der deutschen *Orchideen* und darunter kalkliebende, wie *Cypripedium Calceolus*, ferner *Iris sambucina, Melica ciliata, uniflora, Carex montana, ornithopoda, tomentosa, clandestina etc., Anthericum ramosum, Tulipa sylvestris, Paris quadrifolia, Corydalis bulbosa, Hippocrepis comosa, Coronilla coronata, Hypericum montanum, hirsutum, Gentiana verna, Physalis Alkekengi, Viola mirabilis, Digitalis ambigua, Thesium montanum, pratense,* viele *Umbelliferae,* z. B. *Peucedanum Silaus, officinale, Athamantha Cervaria, Laserpitium latifolium, pruthenicum,* welche Pflanzen beinahe ohne Ausnahme zugleich auch auf dem Jurakalke der schwäbischen Alp vorkommen. Neben diesen Kalkpflanzen finden sich nun wieder andere, welche der schwäbischen Alp fehlen, dagegen auf dem aus Granit und buntem Sandsteine bestehenden Schwarzwalde vorkommen, dessen Boden sehr wenig Kalk enthält, und dessen Wasser häufig durchaus kalkfrei sind, z. R. *Scirpus setaceus, Agrostis canina, Aira flexuosa, Triodia decumbens, Galium rotundifolium, Jasione montana, Juncus filiformis, squarrosus, supinus, Rumex conglomeratus, maritimus, Erica vulgaris, Vaccinium Myrtillus, Vitis idaea, Chrysosplenium oppositifolium, Stellaria uliginosa, Potentilla argentea, Hypericum humifusum, pulchrum, Digitalis purpurea, Spartium scoparium, Genista pilosa.*

Vergleicht man nun die speciellen Standörter dieser Pflanzen, so wird man freilich diejenigen, welche der Keuper mit dem Schwarzwalde gemein hat, meistens auf den an grobkörnigem Sande reicheren Stellen, die Pflanzen, welche auch auf der Alp wachsen, mehr auf dem Mergel und auf zähem Thonboden treffen und man könnte hierin den Beweis finden, dass die ersteren die genannten Stellen wegen ihres grösseren Gehaltes an Kieselerde vorziehen. Daran müssen wir aber billig zweifeln, indem einentheils der Boden eine viel zu gemischte Beschaffenheit besitzt, als dass nicht jede Pflanze ihre Bestandtheile in demselben finden könnte, indem anderntheils die Sonderung der Alp- und Schwarzwaldflora sich nur auf wenige Pflanzen erstreckt und gewöhnlich beiderlei Pflanzen untereinander wachsen. Nicht selten wird man nämlich neben

dem Buchenwalde, welcher *Orchideen* ernährt, *Erica vulgaris* in Menge treffen, im Föhrenwalde *Orchideen, Pulsatilla vulgaris, Anemone sylvestris, Spartium scoparium* friedlich zusammenwachsen sehen, so dass alle Verhältnisse darauf hinweisen, dass sich die Pflanzen um das mehr oder weniger Kieselerde oder Kalkerde im Boden nicht bekümmern, sondern sich in ihrem Vorkommen nur nach der grössern Leichtigkeit oder Bindigkeit, Trockenheit oder Feuchtigkeit, kurz nach den physischen Verhältnissen des Bodens richten.

Diese Abhängigkeit von den physischen Eigenschaften des Bodens zeigt sich in einem noch weit höheren Grade bei vielen Culturgewächsen, welche zwar als bodenvag zu betrachten sind, aber dennoch sehr bestimmte Eigenschaften des Bodens zu ihrem Gedeihen verlangen.

Am auffallendsten ist dieses wohl bei unsern Waldbäumen. Manche Culturen zeigen allerdings ein schlechtes Gedeihen wegen ungünstiger Beschaffenheit des Bodens, allein sehr selten mag daran die chemische Mischung des Bodens Schuld sein, sondern in den allermeisten Fällen lassen sich die Gründe in einer fehlerhaften Bewirthschaftung des Waldes gar leicht auffinden. Man liest so häufig, die Buche verlange einen Kalkboden, die Nadelhölzer gedeihen nur auf Sandboden oder geben wenigstens auf Kalkboden kein gesundes, dauerhaftes Holz. Wurden denn aber auch die übrigen Verhältnisse, unter denen man solches beobachtete, Humusreichthum, Trockenheit oder Nässe, Tief- oder Flachgründigkeit des Bodens u. dgl., in Rechnung gezogen? Wenn den Nadelhölzern der Kalk feindlich ist, wie kommt es denn, dass in den Alpen und im Jura Hunderte von Quadratmeilen mit Nadelwäldern bedekt sind, deren Holz tadellos ist; wenn die Buche Kalk verlangt, wie kommt es, dass auf dem Schwarzwalde, in den Carpathen, auf dem Granite der Alpen die schönsten Buchen stehen?

Nicht minder können uns manche Erfahrungen der Landwirthschaft den Beweis liefern, dass in vielen Fällen die physischen Verhältnisse der Bodenarten ein weit wichtigeres Moment sind, als ihre chemische Mischung. Dass unsere landwirthschaftlichen Gewächse nicht unter allen Umständen zu ihrem günstigen Gedeihen desselben Bodens bedürfen, dass daher die Bezeichnungen der Bodenarten nach den auf ihnen mit besonderm Vortheile cultivirten Gewächsen, z. B. die Ausdrücke Roggenboden, Weizenboden, wie sie ehemals üblich waren, durchaus ungeeignet sind, eine bestimmte Bodenbeschaffenheit zu bezeichnen, hierüber kann gegenwärtig kein Zweifel mehr stattfinden, seitdem man weiss, dass die gleiche landwirthschaftliche Pflanze in verschiedenen Gegenden einen Boden von sehr abweichender Beschaffenheit verlangt. So sagt z. B. Burger*): „in warmen und trocknen Ländern wird der Thonboden für fruchtbar geachtet, den man in kalten und nassen für unfruchtbar hält, wo der mürbe, mehr sandige, und sich leichter erwärmende Lehm den ersten Rang einnimmt. In England ist der Roggen eine Seltenheit, und man bauet fast in allen Aeckern Weizen, weil der mehrere Regen, oder die grössere Feuchtigkeit der Luft, der stärkere Thau, die mindere Hitze, den Boden entweder mit mehr Feuchtigkeit versorgt, oder sein Austrocknen nicht so sehr befördert, oder die Pflanzen selbst öfter und mehr befeuchtet, wie in Deutschland, wo man in leichteren Aeckern, in denen der Engländer noch Weizen säet, nur Roggen bauen kann. In Klagenfurt wird der Mais in einem

*) Lehrbuch der Landwirthschaft. 1830. I. 73.

sehr losen Sandboden mit gutem Erfolge cultivirt, der in Friaul für diese Pflanzen schon viel zu trocken ist, und worin man nur mehr Moorhirse säet. Die Benennung des Bodens nach seiner Verwendungsfähigkeit, als Roggen- Gersten- und Weizenboden kann daher nur einen localen Werth haben; denn jene Erdenmischung, die in England noch immer ein Weizenboden genannt wird, ist bei uns oft schon nur mehr ein Gerstenboden, und in Friaul ein Roggenboden."

Wenn schon solche im Grossen angestellte Beobachtungen erweisen, dass auf das Gedeihen der Culturgewächse die physischen Eigenschaften des Bodens häufig von grösserem Einflusse sind, als seine Mischung, so weisen auf der andern Seite auch die ins genaueste Detail gehenden chemischen Arbeiten von Carl Sprengel nach, dass die chemischen Bestandtheile des Bodens den grössten Abänderungen unterworfen sein können, ohne dass desshalb der Boden ungeeignet wird, dieselbe Pflanze kräftig zu ernähren, und dass Bruchtheile eines Procentes von Kalkerde und Thonerde vollkommen zum Gedeihen auch solcher Culturpflanzen hinreichen, welche grosse Ansprüche an den Boden machen, wie z. B. des Weizens. Da nun diese geringen Mengen der verbreiteten Erdarten nur in sehr ungünstigen Fällen dem Boden abgehen, so erklärt es sich auch, warum in den verschiedensten Bodenarten, wenn sie die für das Clima passende physische Beschaffenheit besitzen, ein ergiebiger Ackerbau getrieben werden kann; zugleich aber möchte ich in Beziehung auf unsern gegenwärtigen pflanzengeographischen Zweck den Schluss daraus ableiten, dass die Vertheidiger der Ansicht, dass die Verbreitung der Pflanzen sich nach der chemischen Beschaffenheit des Bodens richtet, aller Stütze von Seiten der landwirthschaftlichen Erfahrungen entbehren, indem diese gerade bis zur Evidenz nachweisen, wie solche, ohne genaue Analysen unmerkliche Spuren von Kalkerde, Talkerde, Thonerde u. s. w. zur Unterhaltung aller Gewächse, mit denen sich die Landwirthschaft beschäftigt, hinreichen.

Auch die Erfahrungen der Gartencultur finden wir als einen sehr entscheidenden Beweis für die Einwirkung der chemischen Bestandtheile des Bodens angeführt, dennoch müssen, wie ich glaube, auch hier dieselben Einschränkungen eintreten. Ich will nicht davon sprechen, dass der erste Blick auf einen botanischen Garten einige tausend Pflanzen in freudigem Gedeihen neben einander in demselben Boden zeigt, ungeachtet sie aus den verschiedensten Gegenden abstammen und gewiss in wildem Zustande auf gänzlich unähnlichen Bodenarten gestanden sind, denn dieses Beispiel könnte doch nur beweisen, dass eine so gemischte Dammerde, wie sie die Gärten enthalten, jeder Pflanze die ihr nothwendigen Nahrungsmittel liefern kann, und dass, wenn diese Bestandtheile überhaupt vorhanden sind, die relative Menge derselben nicht sehr in Betracht kommt, insoferne die Mehrzahl der Pflanzen ebenso gut im Berliner Sande als im Münchner Kalkboden wächst. Wohl aber verdienen solche Pflanzen, welche in der gewöhnlichen Gartenerde nicht gedeihen, und eine besondere Erdmischung verlangen, nähere Betrachtung. Hier kommen hauptsächlich viele capenser, neuholländer und besonders Pflanzen aus der Familie der Ericeen in Betracht, welche eine Erde verlangen, deren Herbeischaffung in vielen Gärten grosse Mühe und Kosten verursacht. Was ist nun dieses für eine Erde, enthält sie chemische Bestandtheile, welche man gewöhnlich nicht in dem Boden findet? Keineswegs; sondern diese Pflanzen sind entweder genügsamer, und verlangen nichts als eine humose Erde, welche vielen Quarzsand enthält, dadurch leicht wird, den feinen Wurzeln freie Ausbreitung gestattet, der Luft den Zutritt

in die Tiefe gestattet, mit Wasser nicht zu einem zähen Breie wird, der beim Trocknen in eine harte Masse sich verwandelt, das alles leistet aber der Quarzsand durch seine physischen Eigenschaften; oder die Pflanzen verlangen nicht nur eine lockere Erde, sondern Heideerde, die Eigenthümlichkeiten von dieser liegen aber nicht in ihren unorganischen Bestandtheilen, sondern in der eigenen Beschaffenheit ihres Humus. Diesen Pflanzen ist allerdings der Kalkboden nicht zuträglich, und es ist nicht zu läugnen, dass manche derselben durch Aufnahme einer gewissen Menge von Kalk sehr leiden, allein so ausserordentlich schädlich kann ihnen der Kalk dennoch nicht sein, indem sie in Gegenden, welche nur stark kalkhaltige, harte Wasser besitzen, wohl gezogen werden können, wenn sie nur den ihnen zuträglichen Humus im Boden finden. Auf ähnliche Weise, wie bei der Heideerde, verhält es sich mit der Torferde, indem auch hier mehr die Beschaffenheit des Humus, als der unorganischen Bestandtheile des Bodens in Rechnung kommt, wenigstens wird man auf einem Torfmoore, welches auf Kalk aufliegt, dieselben Pflanzen (selbst *Erica vulgaris*) finden, wie auf einem, dessen Unterlage Urgebirge ist.

Als Resultat dieser Betrachtungen können wir annehmen, dass bei den landwirthschaftlichen Gewächsen, obgleich zu ihrem Gedeihen die Anwesenheit bestimmter unorganischer Substanzen im Boden nöthig ist, dennoch das Bedürfniss, bestimmte unorganische Substanzen aufzunehmen, sehr mässig ist, indem schon eine sehr geringe Zumischung der hiebei am meisten in Betracht kommenden Stoffe zum Boden zu ihrer Ernährung hinreicht, dass ferner (wenn wir vom Humusgehalt des Bodens absehen) ihr Gedeihen in weit höherem Grade von der physischen Beschaffenheit des Bodens abhängt, als von der relativen Menge der denselben zusammensetzenden Erdarten, dass häufig dieselbe Pflanze in verschiedenen Climaten einen Boden von abweichender Beschaffenheit verlangt *).

Diese grosse Genügsamkeit der Pflanzen, ihr Vermögen, einen unorganischen Bestandtheil des Bodens, wenn er auch in geringer Quantität vorhanden ist, dennoch in verhältnissmässig grosser Menge durch die Wurzeln aufzunehmen, macht es erklärlich, wie die Mehrzahl der Gewächse ebensowohl im Urgebirge als im Kalkgebirge ihre Nahrung findet **). Zugleich möchte aber hier noch in Betracht kommen, dass es höchst wahrscheinlich ist, dass manche unorganische Bestandtheile des Bodens nicht sowohl als unmittelbare Nahrungsmittel zu betrachten sind, als vielmehr dadurch die Vegetation begünstigen, dass sie die Aufnahme organischer Nahrung vermitteln. In dieser Beziehung haben wir unsere Aufmerksamkeit vorzüglich auf die alcalischen Bestandtheile des Bodens, auf den Kalk, die Bittererde, das Kali und Natrum zu richten.

In wie weit die Kalkerde als Nahrungsmittel nothwendig ist, und in wie weit sie durch Bildung eines humussauren Salzes als nahrungsvermittelnd wirkt, dieses zu bestimmen fehlt es uns noch an sicheren An-

*) Dieses letzere sehen wir auch an wildwachsenden Pflanzen; so wachsen z. B. viele Alpenpflanzen z. B. *Primula Auricula, Bartsia alpina*, in den Ebenen von Oberbayern auf Torfmooren, während sie in den hohen Alpen, wo sie durch die reichlichen Wasserniederschläge Feuchtigkeit genug erhalten, auf trockenem Boden, zum Theil auf Felsen wachsen.

**) In dieser Hinsicht sind die dickblätterigen *Saxifraga* sehr interessant. So zeigt z. B. *S. Aizoon* auf den Granitwänden des Höllenthales im Schwarzwalde Kalkschüppchen am Rande ihrer Blätter.

haltungspunkten, wohl aber giebt es einzelne Umstände, welche es wahrscheinlich machen, dass sie grossentheils auf die letztere Weise wirke. Hiefür scheint der verhältnissmässig grössere Nutzen zu sprechen, welchen das Kalken auf thonigen, als auf sandigen Feldern leistet. Käme der Kalk blos als directes Nahrungsmittel in Betracht, so sollte seine Wirkung in beiden Fällen ähnlich sein; da aber der Sandboden den Humus leicht an die Pflanzen abgiebt, der Thonboden ihn dagegen zurückhält, und gerade auf dem letzteren der Kalk sehr günstig auf die Vegetation einwirkt, so scheint dieses darauf hinzuweisen, dass er weit weniger als directes Nahrungsmittel, als vielmehr durch Zuführung von Humus zur Pflanze wirkt. Ein zweiter Beweis hiefür liegt in dem Umstande, dass in solchen Fällen, in welchen Kalk mit Nutzen auf den Acker gebracht wird, z. B. bei Heideboden, Torfboden, derselbe oder vielmehr ein noch grösserer Vortheil durch Anwendung von Asche erreicht wird. Dieser Umstand scheint von einem um so grösseren Gewichte zu sein, da es wiederum die *Leguminosen* (Wicken, Klee, *Lotus*) sind, deren Wachsthum durch die Asche besonders begünstigt wird, während gerade diese Pflanzen als ganz besondere Liebhaber des Kalkes bekannt sind.

Wenn es aus diesen Umständen wahrscheinlich wird, dass das Kali in vielen Fällen als Aequivalent für den Kalk dient, so wird hieraus erklärlich, wie in den kalkärmsten Urgebirggegenden die gleichen Pflanzen, die wir auch auf Kalkboden finden, sehr kräftig vegetiren können, indem gerade die Gesteine des Urgebirges den Mangel oder die Armuth an Kalk durch einen reichlichen Gehalt an Kali und Natrum ersetzen können und die Wasser solcher Gegenden, welche oft durch ihren Mangel an Kalk sich dem destillirten Wasser nähern, diese Alkalien enthalten. Auch mag in vielen Fällen in Urgebirggegenden die Thonerde als Aequivalent für die Kalkerde auftreten.

In wie ferne nun der Kalk bald als directes Nahrungsmittel, bald als nahrungsvermittelnder Stoff zu betrachten ist, dafür liesse sich vielleicht, wenn wir die wildwachsenden Pflanzen ins Auge fassen, aus der Vergleichung der Vegetation der Kalk- und der Urgebirggegenden ein Anhaltungspunkt finden; wenigstens ist es, so lange nicht genaue Analysen der verschiedenen Bodenarten, auf welchen die einzelnen Pflanzen gedeihen und nicht gedeihen, vorliegen, das wahrscheinlichste, dass solche Pflanzen, welche einzig und allein auf Kalkboden wachsen, des Kalkes unmittelbar als Nahrungsmittel bedürfen, dass auf solche Pflanzen, welche nie auf Kalkboden wachsen, eine grössere Menge von Kalk giftig einwirkt und dass bei bodenvagen Pflanzen der Kalk entweder ein ziemlich indifferentes Nahrungsmittel ist, oder dass er durch andere Stoffe ersetzt werden kann.

Von den Schwierigkeiten, das Verhältniss der Pflanzen zu ihrer Unterlage zu bestimmen, habe ich schon oben gesprochen, ich kann desshalb auch nicht hoffen, dass das folgende Verzeichniss von Alpenpflanzen in Beziehung auf die Angabe des Bodens, auf dem sie vorkommen, von Fehlern frei ist; ich gebe dasselbe nur als einen Versuch, als eine Grundlage, an welche sich künftige Beobachtungen anreihen mögen. Ich habe, um dasselbe zu entwerfen, die Verzeichnisse von Alpenpflanzen zusammengestellt, welche mit Rücksicht auf die Bodenbeschaffenheit von A. Sauter (Flora 1831 p. 225), Dr. Sauter (Flora 1831 p. 146), Hoppe (Flora 1831. p. 146), Stein (Flora 1834 p. 587)) Zahlbruckner, Oswald

Heer, Unger entworfen wurden. Hiemit wurden die Angaben von Zuccarini, (über die Vegetationsverhältnisse der bayrischen Alpen), Wahlenberg (Flora carpat., Flora suecica, de vegetat. Helvet.) zusammengestellt, ferner wurden die von Haller und Gaudin in ihren Schweizerfloren angeführten Standörter benützt, so weit sie sich auf Gegenden beziehen, welche in geognostischer Hinsicht von Saussure und Studer genau beschrieben, oder von mir besucht waren. Weitere Beiträge lieferten die Arbeiten von Wulfen (in Jacquin's Miscellaneen und Collectaneen), ferner die vielen Aufsätze in der Flora über die Vegetation einzelner Alpengegenden (so reichlich auch das Material gewesen wäre, welches diese letztern Verzeichnisse hätten liefern können, so konnten sie doch nur zum kleinern Theile benützt werden, indem sie beinahe immer ohne Angabe der geognostischen Beschaffenheit der besuchten Alpen abgefasst sind), endlich die von mir auf meinen Alpenreisen gemachten Beobachtungen.

Gerne hätte ich gewünscht, in dieser Uebersicht bei jeder Pflanze nicht nur das Endresultat der Untersuchungen anführen, sondern auch die einzelnen Angaben, auf welche dasselbe sich stützt, aufzählen zu können, damit der Leser sich von der grösseren oder geringeren Sicherheit, mit welcher bei der einzelnen Pflanze das Verhältniss zu ihrer Unterlage bestimmt wurde, hätte unterrichten können, dieses war aber bei der ungemein grossen Anzahl der einzelnen Angaben, welche aufzuführen gewesen wären, unausführbar, indem es einen für den Umfang dieser Arbeit viel zu bedeutenden Raum erfordert hätte. Es musste daher dieser Uebersicht die Einrichtung gegeben werden, dass die Tabelle in fünf Rubriken getheilt wurde, von denen die erste, mit U überschriebene, zur Bezeichnung der blos auf Urgebirge wachsenden Pflanzen dient, während die zweite (K) die kalksteten, die dritte (Uh) die urgebirgholden, die vierte (Kh) die kalkholden, und die fünfte (Bv) die bodenvagen Gewächse bezeichnet. Jedem Pflanzennamen gegenüber wurde in der Rubrik, in welche die Pflanze nach meiner Ansicht gehört, ein Strich gesetzt, und wo ich zweifelhaft war, dieses durch ein ? ausgedrückt.

Den systematischen Werth der aufgezählten Arten lasse ich ganz auf sich beruhen, ich folgte in der Annahme derselben Koch's Synopsis.

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Gramineae.					
Phleum alpinum					—
commutatum					—
Michelii				—	
Agrostis rupestris					—
alpina					—
Calamagrostis tenella	?	—			
Stipa pennata				—	
capillata				—	
Lasiagrostis Calamagrostis				—	
Sesleria sphaerocephala		—			
disticha			—		
tenella			—		
coerulea				—	
Koeleria hirsuta	—				
Avena alpina		—			
versicolor			—		
sempervirens		—			
alpestris		—			
distichophylla					—
subspicata	—	?			
Poa laxa			—		
minor					—
alpina					—
caesia					—
sudetica					—
hybrida		—			
cenisia					—
Festuca Halleri					—

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Festuca ovina β) alpina					—
γ) violacea					—
heterophylla					
β) nigrescens					—
varia					—
pumila					—
pilosa	—				
laxa		—			
spectabilis		?			
spadicea	—	?			
Scheuchzeri					—
decolorans		—			
Nardus stricta					—
Cyperaceae.					
Scirpus caespitosus					—
alpinus	—				
Eriophorum alpinum					—
Scheuchzeri					—
Elyna spicata					—
Kobresia caricina					—
Carex dioica					—
capitata					—
rupestris	—	?			
leucoglochin					—
microglochin					—
baldensis		—			
curvula			—		
juncifolia	—				
foetida			—		
chordorhiza					—
teretiuscula					—
stellulata					—
grypus	—				
lagopina	—				
heleonastes					—
mucronata		—			
bicolor	—				
nigra	—	?			
aterrima	—	?			
atrata					—
irrigua	—				
pilulifera					—
membranacea			—		
ericetorum					—
humilis				—	
alba				—	
capillaris					—
ustulata	—	?			
fuliginosa					—
Carex frigida			—		
sempervirens					—
firma				—	
ferruginea					—
brachystachis				—	
Oederi					—
Juncaceae.					
Juncus Jacquini					—
arcticus	—				
filiformis					—
castaneus					—
stygius					—
triglumis					—
trifidus	—	?			
Hostii		—			
Luzula flavescens					—
Forsteri	?	—			
maxima					—
glabrata		—			
spadicea					—
albida					—
nivea					—
lutea	—	?			
campestris					
var. alpina					—
spicata					—
Colchicaceae.					
Colchicum alpinum	—	?			
Veratrum nigrum		—			
album					—
Lobelianum					—
Tofieldia calyculata					—
borealis			—		
Liliaceae.					
Lilium bulbiferum				—	
carniolicum				?	
Martagon				—	
Lloydia serotina			—		
Anthericum Liliago				—	
ramosum				—	
Czakia Liliastrum					—
Gagea Liottardi					—
Allium Victorialis		—			
fallax		—			
Schoenoprasum					
β) alpinum					—

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Asparageae.					
Streptopus amplexifolius . .					—
Convallaria verticillata . . .					—
Irideae.					
Crocus vernus					—
Orchideae.					
Orchis globosa		—			
Spitzelii		?			
sambucina					—
Gymnadenia odoratissima . .				—	
albida					—
Habenaria viridis					—
Nigritella angustifolia . . .					—
suaveolens . . .		—			
Chamaeorchis alpina					—
Herminium Monorchis . , .				—	
Epipogium Gmelini				—	
Listera cordata				—	
Goodyera repens					—
Corallorrhiza innata					—
Malaxis monophyllos . . .				—	
Juncagineae.					
Scheuchzeria palustris . , .					—
Coniferae.					
Taxus baccata				—	
Juniperus nana					—
Sabina					—
Pinus Pumilio				—	
Cembra					—
Abies pectinata					—
excelsa					—
Larix					—
Betulaceae.					
Betula alba					—
nana					—
Alnus viridis					—
incana					—
Salicineae.					
Salix pentandra					—
Seringeana					—
incana					—

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Salix phylicaefolia					—
grandifolia					—
glabra		—			
myrtilloides					—
arbuscula					—
lapponum					—
glauca	—				
caesia		—			
Jacquini		—			
myrsinites			—		
reticulata					—
retusa					—
herbacea					—
Cupuliferae.					
Fagus sylvatica					—
Empetreae.					
Empetrum nigrum			—		
Eleagneae.					
Hippophaë rhamnoides . . .					—
Santalaceae.					
Thesium alpinum					—
rostratum		—			
Thymeleae.					
Daphne Mezereum				—	
alpina					—
striata					—
Polygoneae.					
Rumex alpinus					—
scutatus					—
arifolius					—
Oxyria digyna					—
Polygonum viviparum . . .					—
alpinum	—				
Bistorta					—
Plantagineae.					
Plantago montana		—			
alpina					—
Plumbagineae.					
Statice plantaginea	—				
alpina					—

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Globularicae.					
Globularia nudicaulis		—			
cordifolia				—	
Primulaceae.					
Trientalis europaea	—				
Androsace helvetica				—	
imbricata	—				
alpina	—	?			
pubescens				—	
villosa		—			
chamaejasme				—	
obtusifolia	—				
lactea		—			
carnea			—		
Aretia Vitaliana	—	?			
Primula farinosa					—
longiflora				—	
Auricula					—
villosa			—		
carniolica		—			
spectabilis		?			
glutinosa	—				
Floerkeana	—				
Cortusa Matthioli					—
Soldanella montana					—
alpina					—
pusilla			—		
minima		—			
Cyclamen europaeum	?	—			
Lentibularieae.					
Pinguicula alpina					—
grandiflora	—				
Labiatae.					
Salvia glutinosa					—
Thymus alpinus					—
Horminum pyrenaicum	?	—			
Nepeta Nepetella	—				
Dracocephalum Ruyschiana		—			
Stachys alpina				—	
Betonica hirsuta	?	—			
Alopecurus		—			
Scutellaria alpina				?	
Ajuga pyramidalis					—
Teucrium montanum		—			

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Rhinanthaceae.					
Tozzia alpina					—
Melampyrum sylvaticum					—
Pedicularis Jacquini		—			
rostrata	—				
asplenifolia					—
tuberosa			—		
Barrelieri				—	
incarnata					—
atrorubens	—				
foliosa				—	
recutita					—
versicolor					—
acaulis		?			
verticillata					—
Bartsia alpina					—
Euphrasia officinalis					—
minima					—
salisburgensis					—
Antirrhineae.					
Digitalis grandiflora				—	
lutea				—	
Linaria alpina					—
italica	—	?			
Erinus alpinus				—	
Veronica chamaedrys					—
officinalis					—
aphylla					—
bellidioides					—
fruticulosa					—
saxatilis					—
alpina					—
Paederota Bonarota		—			
Ageria		?			
Wulfenia carinthiaca		—			
Boragineae.					
Asperugo procumbens					—
Echinospermum deflexum					—
Cerinthe alpina	?	—			
Myosotis alpestris					—
Eritrichium nanum	—				
Polemoniaceae.					
Polemonium coeruleum					—

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Gentianeae.					
Swertia perennis , .				—	
Lomatogonium carinthiacum .	—				
Gentiana lutea					—
hybrida	—	?			
purpurea					—
pannonica	?	—			
punctata					—
asclepiadea					—
Froelichii		—			
frigida	—				
acaulis					—
excisa	—	?			
bavarica					—
brachyphylla . . , .					—
verna					—
angulosa					—
imbricata	?	—			
pumila		—			
prostrata	—				
utriculosa					—
nivalis					—
campestris					—
obtusifolia					—
glacialis					—
nana					—
Pyrolaceae.					
Pyrola uniflora					—
secunda , ...					—
minor					—
Ericineae.					
Arctostaphylos alpina . . .					—
uva ursi . . .					—
Andromeda polifolia					—
Calluna vulgaris			—		
Erica carnea , .		—			
Azalea procumbens					—
Rhododendron ferrugineum .			—		
hirsutum . .				—	
Chamaecistus .		—			
Vaccinieae.					
Vaccinium Myrtillus					—
uliginosum . . .					—
Vitis Idaea . . .					—

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Campanulaceae.					
Phyteuma pauciflorum . . .	—				
β) globulariaefolium ,	—				
hemisphaericum . .					—
humile	—				
Sieberi . . . , .		—			
orbiculare . . .					—
Scheuchzeri . . .	—				
Michelii	—	?			
scorzonerifolium . .	—				
betonicaefolium . .	—	?			
comosum		—			
Campanula Zoysii		—			
pulla		—			
excisa	—				
caespitosa . . .		—			
pusilla					—
Scheuchzeri . . .					—
carnica		?			
rhomboidalis . .					—
cenisia					—
thyrsoidea . . .					—
alpina					—
barbata					—
Synanthereae.					
Adenostyles albifrons . . .					—
alpina					—
leucophylla . . .	—				
Homogyne sylvestris . . .		?			
alpina					—
discolor	?	—			
Petasites albus					—
niveus		—			
Aster alpinus					—
Bellidiastrum Michelii . . .					—
Erigeron Villarsii					—
alpinus					—
uniflorus					—
Solidago Virga aurea . . .					—
Buphthalmum salicifolium . .				—	
Gnaphalium norvegicum . .					—
supinum . . .					—
Leontopodium . .					—
dioicum			—		
carpathicum . .					—
Artemisia pedemontana . . .		?			
glacialis	—	?			
Mutellina					

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Artemisia spicata					—
nana	—				
Achillea alpina . . , . . .	—				
Clavennae	?	—			
valesiaca	—				
macrophylla					—
moschata			—		
atrata					—
nana	—				
tanacetifolia . . .					—
Anthemis alpina		—			
styriaca		?			
Chrysanthemum Leucanthemum .					
β) atratum . .					—
montanum . .					—
coronopifolium					—
ceratophylloides		—			
alpinum . .					—
Doronicum scorpioides . . .		—			
caucasicum . . .		—			
austriacum . . .		—			
Aronicum Clusii					
α) longifolium . .		?			
β) vulgare . . .			—		
γ) glaciale . . .	—				
scorpioides . . .					—
Arnica montana					—
Senecio abrotanifolius . . .					—
cordatus					—
lyratifolius					?
carniolicus			—		
incanus	—				
uniflorus	—				
Doronicum				—	
Cirsium eriophorum				—	
pannonicum		?			
carniolicum		?			
pauciflorum	—				
Erisithales					—
heterophyllum . . .					—
rivulare					—
acaule				—	
spinosissimum . . .					—
Carduus tenuiflorus	?				
Personata					—
arctioides		?			
defloratus		—			
crassifolius		?			
Saussurea alpina					—
discolor					—
Saussurea pygmaea		—			
Serratula nudicaulis		—			
Rhaponticum . . .	—	?			
Centaurea phrygia					—
nervosa					—
montana				—	
Lapsana foetida	?	—			
Leontodon Taraxaci					—
pyrenaicus . . .					—
hastilis					—
incanus				—	
crispus	—				
Tragopogon crocifolius . . .	?				
Scorzonera grandiflora . . .	—	?			
Hypochaeris maculata . . .					—
uniflora . . .			—		
Willemetia apargioides . . .				—	
Taraxacum officinale . . .					—
Chondrilla prenanthoides . .		—			
Sonchus alpinus					—
Crepis aurea					—
alpestris				—	
Jacquini		—			
succisaefolia		—			
pygmaea		—			
blattarioides				—	
grandiflora					—
Soyeria montana	?	—			
hyoseridifolia . . .				—	
Hieracium Pilosella					—
α) farinaceum . .	—				
β) hoppeanum . .					—
furcatum					—
angustifolium . .					—
piloselloides . . .					—
aurantiacum . . .					—
sabinum		?			
staticaefolium . .				—	
saxatile		—			
bupleuroides . . .		—			
glabratum . . .		—			
villosum				—	
dentatum					—
longifolium . . .					—
Schraderi	—	?			
glanduliferum . .	—				
alpinum					—
andryaloides . . .	?	—			
lanatum					—
Jacquini		—			

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Hieracium amplexicaule . . .				—	
albidum	—				
picroides	—				
prenanthoides . .					—
Dipsaceae.					
Cephalaria alpina		—			
Knautia longifolia					—
Scabiosa lucida					—
Valerianeae.					
Valeriana tripteris					—
montana					—
supina		—			
saliunca	—				
saxatilis		—			
elongata		—			
celtica			—		
Stellatae.					
Asperula taurina					—
Galium tenerum					—
rotundifolium . . .					—
sylvestre					—
baldense					—
Caprifoliaceae.					
Lonicera nigra					—
coerulea					—
alpigena					—
Linnaea borealis	—				
Umbelliferae.					
Astrantia minor					—
carniolica	?	—			
major					—
Ernygium alpinum				—	
Falcaria latifolia		—			
Aegopodium Podagraria . .					—
Carum Carvi					—
Pimpinella Saxifraga . . .					—
Bupleurum ranunculoides . .					—
graminifolium . .		—			
stellatum . . .					—
Libanotis montana		—			
Athamanta cretensis		—			
Matthioli		—			

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Meum athamanticum . . .					—
Mutellina					—
Gaya simplex					—
Archangelica officinalis . . .					—
Imperatoria Ostruthium . . .					—
Heracleum sibiricum . . .					?
asperum		—			
alpinum		—			
austriacum . . .		—			
Laserpitium latifolium . . .		—			
alpinum		?			
Siler				—	
peucedanoides . .		?			
hirsutum . . .			—		
Chaerophyllum aureum . . .				—	
elegans . . .	?				
Villarsii . . .	?	—			
hirsutum . .					—
Myrrhis odorata					—
Pleurospermum austriacum .					—
Saxifrageae.					
Saxifraga Cotyledon			—		
Aizoon				—	
elatior		—			
crustata		—			
mutata				—	
burseriana		—			
squarrosa		—			
caesia				—	
patens				—	
oppositifolia					—
biflora					—
Kochii		?			
aspera			—		
tenella		—			
aizoides					—
Hirculus					—
stellaris					—
Clusii	?				
cuneifolia					—
pedemontana	?				
muscoides					—
exarata					—
stenopetala				—	
sedoides					—
Hohenwarthii		—			
planifolia			—		
Seguieri			—		

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Saxifraga androsacea . . .					—
controversa . . .	—				
petraea		?			
cernua					—
rotundifolia . . .					—
hieracifolia	?				
Grossularieae.					
Ribes alpinum				—	
petraeum					—
Crassulaceae.					
Rhodiola rosea			—		
Sedum Telephium					—
maximum					—
Anacampseros . . .					—
hispanicum					?
villosum					—
atratum					—
annuum					—
dasyphyllum					—
repens	—				
Sempervivum tectorum . . .					—
Wulfenii . . .	?				
Funkii	?				
montanum . ,					—
Braunii . . .	—				
arachnoideum .			—		
hirtum	?	—			
Paronychieae.					
Herniaria alpina	—				
Tamariscineae.					
Myricaria germanica					—
Onagrarieae.					
Epilobium angustifolium . .					—
Dodonaei					—
Fleischeri	—	?			
trigonum					—
origanifolium . . .					—
alpinum					—
Circaea alpina					—
Pomaceae.					
Cotoneaster vulgaris		—			
tomentosa . . .		—			
Amelanchier vulgaris . . .		—			
Sorbus aucuparia					—
Aria					—
Chamaemespilus . .				—	
Sanguisorbeae.					
Alchemilla vulgaris					—
pubescens . . .					?
fissa					—
alpina					—
pentaphylla . . .					—
Rosaceae.					
Dryas octopetala					—
Geum reptans					—
montanum					—
Rubus saxatilis					—
Potentilla rupestris				—	
multifida	—				
aurea . , . . .					—
salisburgensis . .					—
ambigua	—				
grandiflora . . .			—		
nivea	—				
frigida	—				
caulescens . . .				—	
Clusiana		—			
nitida , ...					—
Sibbaldia procumbens . . .			—		
Rosa alpina					—
rubrifolia					—
glandulosa					?
pomifera					?
Papilionaceae.					
Cytisus alpinus		—			
Ononis rotundifolia				—	
Anthyllis Vulneraria					—
montana		—			
Trifolium pratense					
γ nivale . . .					—
alpestre					—
noricum					?
saxatile . . . ,	—				
alpinum					—
pallescens					—
cespitosum . . .	—	?			
badium					—

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Dorycnium suffruticosum		—			
Colutea arborescens		—			
Phaca frigida					—
alpina					—
australis					—
astragalina					—
Oxytropis uralensis					—
campestris					—
foetida	—				
lapponica	—				
montana			—		
cyanea	—				
Astragalus leontinus					—
Onobrychis					—
depressus		—			
aristatus					—
exscapus	—	?			
monspessulanus					—
Coronilla Emerus		—			
vaginalis				—	
montana		—			
Hippocrepis comosa				—	
Hedysarum obscurum					—
Vicia oroboides		—			
Orobus luteus		—			
Rhamneae.					
Rhamnus saxatilis		—			
alpina				—	
pumila				—	
rupestris		—			
Celastrineae.					
Staphylea pinnata				—	
Geraniaceae.					
Geranium macrorrhizum	?	—			
phaeum				—	
aconitifolium	—	?			
pyrenaicum				—	
argenteum	?	—			
Acerineae.					
Acer Pseudoplatanus					—
opulifolium				—	
Hypericineae.					
Hypericum perforatum					—
Hypericum Richeri		—			
Coris		?			
Tiliaceae.					
Tilia grandifolia					—
Lineae.					
Linum alpinum		—			
montanum Schl.				—	
viscosum		—			
Alsineae.					
Sagina muscoides		—			
Spergula saginoides					—
Alsine lanceolata		?			
aretioides	?	—			
stricta					—
laricifolia				—	
austriaca		—			
Villarsii					—
verna				—	
sedoides		—			
recurva			—		
rostrata	—				
Cherleria sedoides					—
Moehringia muscosa					—
polygonoides					—
villosa		?			
Arenaria serpyllifolia					—
ciliata					—
biflora					—
grandiflora		—			
Stellaria cerastoides			—		
Cerastium latifolium					—
alpinum					—
ovatum					?
Sileneae.					
Gypsophila repens					—
Dianthus barbatus					?
atrorubens			—		
Seguieri					—
glacialis	—				
alpinus		—			
sylvestris				—	
monspessulanus				—	
Silene Pumilio	—				
vallesia	—				

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Silene saxifraga				—	
quadrifida				—	
alpestris		—			
rupestris			—		
acaulis					—
Lychnis alpina					—
Flos Jovis	—	?			
Polygaleae.					
Polygala Chamaebuxus				—	
amara				—	
Droseraceae.					
Drosera rotundifolia					—
obovata					—
longifolia					—
intermedia					—
Parnassia palustris					—
Violarieae.					
Viola pinnata	—	?			
palustris					—
biflora					—
lutea					—
calcarata					—
cenisia					—
alpina		—			
Cistineae.					
Helianthemum oelandicum					—
vulgare					—
Cruciferae.					
Matthiola varia	—				
Nasturtium pyrenaicum	—				
Arabis alpina					—
saxatilis					—
ciliata					—
stricta		—			
serpyllifolia					?
vochinensis		—			
arenosa				—	
Halleri					?
pumila				—	
bellidifolia					—
coerulea					—
Cardamine alpina			—		
resedifolia			—		
Cardamine trifolia				?	
Dentaria enneaphylla		—			
digitata				—	
pinnata				—	
bulbifera					?
Hugueninia tanacetifolia	—				
Braya alpina	—				
pinnatifida			?		
Erysimum pallens					—
lanceolatum	—	?			
Alyssum alpestre	—				
Wulfenianum		—			
Lunaria rediviva		—			
Petrocallis pyrenaica		—			
Draba aizoides				—	
Zahlbruckneri	—				
Sauteri		—			
tomentosa					—
stellata		—			
frigida					—
Johannis					—
lapponica					—
laevigata	—				
fladnizensis			—		
ciliata		—			
incana					—
confusa	—	?			
Kernera saxatilis		—			
Thlaspi alpestre					—
montanum		—			
alpinum					—
rotundifolium					—
cepeaefolium		?			
Biscutella laevigata					—
Hutchinsia alpina		—			
brevicaulis	—				
Aethionema saxatile		—			
Papaveraceae.					
Papaver alpinum		—			
Ranunculaceae.					
Atragene alpina					—
Thalictrum aquilegifolium				—	
alpinum	—				
foetidum	—				
Anemone Hepatica				—	
Halleri	—				
vernalis					—

	U.	K.	Uh.	Kh.	Bv.
Anemone narcissiflora					—
alpina					—
baldensis					—
trifolia		—			
Ranunculus rutaefolius	—				
anemonoides		—			
glacialis					—
Seguieri		—			
alpestris					—
crenatus	—				
aconitifolius					—
parnassifolius				—	
pyrenaeus			—		
Thora		—			
hybridus		—			
montanus					—
Ranunculus Villarsii		—			
nemorosus					—
Trollius europaeus					—
Eranthis hyemalis		—			
Helleborus niger				—	
Aquilegia Sternbergii		—			
atrata		—			
alpina	?	—			
pyrenaica		—			
Delphinium elatum		—			
Aconitum Anthora		—			
Napellus					—
Stoerkeanum					—
variegatum					—
paniculatum					—
Lycoctonum					—

Eine Vergleichung der voranstehenden Tabelle mit der von Unger gelieferten Uebersicht der Flor von Kitzbühel wird bedeutende Verschiedenheiten zu erkennen geben sowohl in Beziehung auf das relative Verhältniss der bodensteten Pflanzen zu den bodenvagen, als auch in Beziehung auf das Verhältniss der einzelnen Pflanzenarten zu ihrer Unterlage.

Bei Unger betragen die bodenbestimmenden Pflanzen (bodenstete und bodenholde zusammen) ziemlich genau $\frac{1}{4}$ der Phanerogamen, in meinem Verzeichnisse stehen die bodenbestimmenden und bodenvagen einander nahezu gleich (380 bodenbestimmende, 372 bodenvage). Dieses überwiegende Verhältniss der bodenbestimmenden Pflanzen zu den bodenvagen in meinem Verzeichnisse beweisst auffallend, wie sehr im Gebirge der Einfluss des Bodens stärker hervortritt, als im ebenen Lande, indem in dieses Verzeichniss nur Gebirgspflanzen, oder solche Gewächse, welche aus niedrigen Gegenden in die Alpen aufsteigen, aufgenommen wurden, wogegen in der Flora von Kitzbühel noch viele campestre und montane Pflanzen stehen.

Da jedoch eine scharfe Trennung der bodenholden von den bodenvagen Pflanzen nicht vorgenommen werden kann, so ist es vielleicht richtiger, die bodenholden mit den bodenvagen Pflanzen zu vereinigen, und ihr Verhältniss zu den bodensteten anzugeben. Mein Verzeichniss enthält 752 Pflanzen (wobei die mit zweifelhaftem Standorte nicht mitgezählt sind) und unter diesen 252 bodenstete Gewächse; diese bilden also $\frac{1}{3}$ der ganzen Vegetation. In der Flora von Kitzbühel bilden die bodensteten Pflanzen nicht ganz $\frac{1}{6}$ der Phanerogamen, ein Verhältniss, welches wieder seine Erklärung darin findet, dass diese Flora auch Pflanzen des ebenen Landes enthält.

Vergleichen wir das Verhältniss der Pflanzen des Urgebirges zu denen des Kalkgebirges, so werden sich zwischen Unger's und meinem Verzeichnisse noch bedeutendere Abweichungen ergeben. Mein Verzeichniss enthält 106 urgebirgstete und 146 kalkstete Pflanzen, die ersteren bilden daher nahezu $\frac{1}{7}$, die

letzteren $^1/_5$ der ganzen Vegetation. Bei UNGER bilden dagegen die schiefersteten Pflanzen (32 Species) nur $^1/_{28}$, die kalksteten (114 Species) $^1/_8$ der Phanerogamen [1]).

Nehmen wir darauf Rücksicht, dass sich im Ganzen in UNGER's Verzeichniss der Einfluss des Bodens nur halb so stark ausspricht, als in dem meinigen, so erhellt, dass UNGER eine verhältnissmässig grössere Anzahl von Pflanzen für kalkstet, und eine um die Hälfte kleinere Anzahl für urgebirgstet erklärt, als ich. Dieses abweichende Verhältniss ist in mehreren Umständen begründet. Einmal betrachtet UNGER manche Pflanze als kalkstet, welche ich unter die kalkholden und selbst unter die bodenvagen versetzte, anderntheils finden sich in seinem Verzeichnisse manche Kalkpflanzen, z. B. *Orchideen*, welche ich nicht aufgenommen habe, weil ich sie nicht zu den Alpenpflanzen rechnete. Diese beiden Verhältnisse mussten in UNGER's Verzeichnisse die Anzahl der Kalkpflanzen vermehren.

Was die geringe Anzahl von Urgebirgspflanzen bei UNGER betrifft, so rührt diese ohne Zweifel davon her, dass der Flora von Kitzbühel viele den hohen Alpen angehörige Gewächse fehlen; dass aber gerade diese Pflanzen vorzugsweise den Urgebirgspflanzen beigezählt werden müssen, erhellt aus dem früher über das Verhältniss der Flor der Centralalpen zu der Vegetation der Seitenketten Gesagten. Dieses Verhältniss wird noch auffallender durch den Umstand, dass ich einen ziemlichen Theil der von UNGER als schieferstet aufgeführten Pflanzen unter die bodenvagen versetzte, wodurch die wirklich urgebirgsteten in der Flora von Kitzbühel noch um ein merkliches reducirt werden.

Das auffallende Ueberwiegen der Kalkpflanzen gegen die Urgebirgpflanzen bei UNGER zeigt sich auch bei Vergleichung der kalkholden und urgebirgholden Gewächse. UNGER führt nämlich 45 Pflanzen ($^1/_{20}$ der Phanerogamen) als kalkhold, dagegen nur 9 Pflanzen ($^1/_{100}$) als schieferhold auf, so dass fünf kalkholde Pflanzen auf eine schieferholde kommen. Mein Verzeichniss enthält 42 urgebirgholde, und 86, also nur doppelt so viel kalkholde Pflanzen.

Stellen wir auf der einen Seite die urgebirgsteten und urgebirgholden, auf der andern Seite die kalksteten und kalkholden Pflanzen zusammen, so zeigt sich ein ähnliches Verhältniss. Die urgebirgsteten und urgebirgholden Pflanzen zusammen betragen bei mir 148 Arten ($^1/_5$ der Vegetation), die kalksteten und kalkholden zusammen 232 Arten (nicht ganz $^1/_3$); bei UNGER betragen die ersteren nur 94 Arten ($^1/_{22}$), während die letzteren 159 Arten (nicht ganz $^1/_6$) betragen.

Aus diesen beiden Zählungen geht zwar gleichmässig hervor, dass der Kalkboden auf den Reichthum der Flora einen günstigen Einfluss äussert, insofern sowohl die kalksteten als kalkholden Pflanzen eine grössere Anzahl bilden, als die urgebirgsteten und urgebirgholden; das Verhältniss zwischen beiden zeigt aber in meinem und UNGER's Verzeichnisse so bedeutende Verschiedenheiten, dass wir das starke Ueber-

1) Diese Zahlen der kalksteten und schiefersteten Pflanzen bei UNGER, welche auf den Angaben der am Ende seines Werkes befindlichen Uebersicht der Flora von Kitzbühel beruhen, differiren ein wenig von den Angaben, wie sie aus den pag. 172 und 181 seines Werkes enthaltenen Verzeichnissen sich ergeben, indem hier 112 kalkstete und 31 schieferstete Pflanzen aufgezählt sind; die Unterschiede sind aber, wie man sieht, so unbedeutend, dass sie nicht in Betracht kommen.

wiegen der Kalkpflanzen in der Flora von Kitzbühel als eine Ausnahme von der allgemeinen Regel betrachten müssen. Wäre das von Unger gefundene Verhältniss der Urgebirgpflanzen zu den Kalkpflanzen das allgemein richtige, so würde eine ungemeine Armuth der Urgebirgfloren im Gegensatze gegen die Kalkfloren daraus hervorgehen, und die von Wahlenberg angeführte Ansicht der oesterreichischen Botaniker: „putant divitias florae austriacae derivandas esse a solo calcareo alpium earum“ wäre vollkommen gegründet. Dass aber dieses Verhältniss wohl vielleicht local eintreten kann, aber nicht allgemein ist, und dass die Urgebirgalpen gegen die Kalkalpen nicht immer bedeutend in Hinsicht auf den Reichthum der Flor zurückstehen, dafür liefern manche Alpengegenden, z. B. die penninischen Alpen, die Umgebungen des Grossglockners die glänzendsten Beweise.

In meinem Verzeichnisse ist das Verhältniss der bodensteten Pflanzen zur ganzen Flor ($^1/_3$) auffallend gross und vielleicht grösser, als es wirklich der Fall ist. Zwei Ursachen mögen dazu beigetragen haben, dass ich dieses Resultat erhielt, von denen die eine in der Beschaffenheit der Alpenflor selbst, die andere in der Unvollständigkeit meiner Hülfsmittel begründet ist.

Die erste Ursache liegt darin, dass mein Verzeichniss eine ziemliche Menge von Pflanzen enthält, welche nur an einer oder an wenigen isolirten Stellen in den Alpen aufgefunden wurden, welche desshalb unter die bodensteten Pflanzen gesetzt werden mussten, ohne dass sich, wie dieses schon oben bemerkt wurde, aus diesem isolirten Vorkommen ein sicherer Schluss auf ihre Bodenstetigkeit ziehen lässt.

Der zweite Grund, warum ich manche Pflanze unter die bodensteten verweisen musste, welche vielleicht zu den bodenvagen gehört, liegt im Mangel einer hinreichenden Anzahl specieller Angaben; wenigstens ist nicht zu zweifeln, dass für manche Pflanzen Standörter auf verschiedenen Gebirgsarten aufzufinden gewesen wären, wenn die Floren der westlichen und südlichen Alpenländer, z. B. die Flora pedemontana von Allioni, die Flore du Dauphiné von Villars Rücksicht auf die Bodenbeschaffenheit genommen hätten.

XXXI.

Einige Bemerkungen
über
die Grössenbestimmung mikroskopischer Objecte.

(Aus der Linnaea 1842. Mit Zusätzen.)

Je häufiger in der neueren Zeit der Naturhistoriker das Mikroskop bei seinen Untersuchungen anwendet, und je weiter die Genauigkeit bei den mikroskopischen Beobachtungen getrieben wird, desto mehr tritt auch das Bedürfniss ein, die Grösse der untersuchten Gegenstände zu bestimmen. Zu diesem Behufe haben uns die Physiker und Mechaniker mit einer Anzahl von Messapparaten versehen, von welchen auch ein ziemlich ausgedehnter Gebrauch gemacht wird. Die publicirten Messungen tragen jedoch zum Theil den Stempel ihrer Unrichtigkeit nur zu deutlich an der Stirne, indem eine nicht zu erreichende Genauigkeit, welche sie für sich in Anspruch nehmen, auffallend genug die Unzuverlässigkeit der Angaben zu erkennen giebt. Einer der stärksten Fälle der Art, welche mir noch vorgekommen, ist die vor nicht langer Zeit von einem mit Recht eines europäischen Rufes geniessenden Gelehrten publicirte Angabe, er hätte bei Untersuchungen, welche mit Hülfe eines Plössl'schen Mikroskopes von 600facher Vergrösserung angestellt wurden, sich eines Mikrometers bedient, bei welchem die Seite eines Quadrates 0,00003 Millimeter betragen habe *). Wenn einem gläubigen Publikum solche Angaben geboten werden, so mag es nicht überflüssig sein,

*) Betrachten wir diese Angabe etwas näher. Obiger Decimalbruch in einen gewöhnlichen Bruch verwandelt beträgt $^{1}/_{33333}$ Millimeter. Da es eine absolute Unmöglichkeit ist, einen Glasmikrometer so fein zu theilen, so erhellt von selbst, dass in jenem Falle ein in das Ocular eingelegter Mikrometer gemeint gewesen sein muss, allein dass auch in diesem Falle die Angabe jener Grösse eine Unmöglichkeit einschliesst, erhellt aus Folgendem. Mein Plössl'sches Mikroskop giebt mit den Objectiven 4, 5 und 6, und mit dem Oculare 3 eine Linearvergrösserung von 680. Legt man einen Plössl'schen Mikrometer, auf welchem die Linie in 60 Theile getheilt ist, in das Ocular ein, und gebraucht man als Object den zweiten Plössl-schen Mikrometer, welcher in 30 Theile getheilt ist, so wird das Bild von einem Quadrate des letztern im Oculare ziemlich genau von den Strichen des ersteren Mikrometers in 60 Theile getheilt. Nun bestimmte ich die Länge der Seiten eines solchen Quadrats mit einer für diesen Zweck hinreichenden Genauigkeit zu $^{15}/_{200}$ Millimeter; der Zwischenraum zwischen zwei Strichen des im Oculare liegenden Mikrometers entspricht also $^{15}/_{12000}$ oder $^{1}/_{800}$ Millimeter. Dieses ist ungefähr $^{1}/_{40}$ von der Grösse, welche bei der oben angeführten Messung erhalten worden sein soll; folglich müsste bei derselben im Oculare ein Mikrometer gelegen sein, auf welchem die Linie in 2400 Theile getheilt gewesen wäre. Die Verfertigung eines so fein getheilten Mikrometers ist nun zwar keine Unmöglichkeit, denn Fraunhofer hat Theilungen von ähnlicher Feinheit wirklich ausgeführt, allein eine vollkommene Unmöglichkeit wäre es, die Theilstriche zu sehen, wenn ein

die Weise, wie mikroskopische Messungen angestellt werden, und die Genauigkeit, welche mit unsern gegenwärtigen Hülfsmitteln zu erreichen ist, zu besprechen.

Die bei mikroskopischen Untersuchungen gebräuchlichen Mikrometer beruhen auf sehr verschiedenen Principien.

Die schärfste Messung würde man ohne Zweifel durch solche Vorrichtungen erhalten, durch welche das durch das Mikroskop gesehene Bild des Objectes auf analoge Weise, wie bei dem Heliometer, in zwei verschiebbare Bilder getrennt werden könnte, und durch welche man die Verschiebung vom völligen Uebereinanderfallen beider Bilder bis zur Berührung ihrer Ränder messen würde. Eine solche Vorrichtung besitzt der Dollond'sche Wollenmesser; bei Mikroskopen, welche zu wissenschaftlichen Untersuchungen bestimmt sind, habe ich sie noch nie getroffen, und meinen Versuchen zu Folge, welche ich mit einem Dollond'schen, an meinem Mikroskop befestigten Apparate anstellte, sind sie leider nur zur Messung weniger Objecte tauglich, nämlich nur zur Messung isolirter Gegenstände. Die getrennten Bilder von einzelnen Körpern sieht man hinreichend scharf auf dem gleichförmig beleuchteten Gesichtsfelde des Mikroskops, um mit aller nur wünschbaren Genauigkeit ihre Ränder in Berührung bringen zu können. Um den Durchmesser von isolirten Fasern, Körnchen u. dgl. in voller Schärfe zu messen, wären Vorrichtungen dieser Art wohl allen andern vorzuziehen. Wo man dagegen den Durchmesser einzelner Theile eines zusammenhängenden Ganzen bestimmen will, z. B. den Durchmesser von Gefässen auf dem Längenschnitte eines Stammes, so sind diese Apparate völlig unbrauchbar, indem durch das Uebereinanderschieben der verschiedenen Theile des ausgedehnten Bildes jedes deutliche Sehen unmöglich wird.

solcher Mikrometer in das Ocular eingelegt würde. Ich wenigstens sehe bei einem in 600tel Millim. getheilten Mikrometer die ganze getheilte Fläche als einen zusammenhängenden Streifen, ohne dass irgend ein einzelner Strich in demselben sichtbar wäre, und beim Einlegen eines in 500tel Linien getheilten Mikrometers sehe ich zwar noch die einzelnen feinen Striche, aber ohne alle Möglichkeit, mittelst derselben messen zu können.

Vor kurzem sprach sich auch Prof. Harting gegen die von mir angeführte Messung aus (Tijdschr. voor Natuurlijke Geschiedenis. T. X.), wobei er sich folgender Beweisführung bedient. Bei einer 600maligen Vergrösserung würden Körperchen von $1/_{30000}$ Millim. Durchmesser als Körper von $1/_{50}$ Millim. Durchmesser erscheinen, es hätte aber wohl Niemand ein so scharfes Gesicht, dass er in 8'' Entfernung mit blossem Auge Körperchen von diesem Durchmesser erkennen könnte, es seien selbst Körper von $1/_{15}$ Millim. Durchmesser nur unter günstigen Umständen in diesem Abstande zu unterscheiden. Würde man mit dem Mikroskope eben so scharf als mit blossem Auge sehen, so könnten höchstens Körper von $1/_{8000}$ bis $1/_{10000}$ Millimeter noch gesehen werden, da aber auch beim besten achromatischen Mikroskope das Bild nicht so scharf, wie beim Sehen mit blossem Auge sei, so glaube er, dass ein Mikroskop, mit welchem Körper von $1/_{5000}$ Millim. Durchmesser noch wahrgenommen werden können, vortrefflich genannt werden müsse. In keinem Falle sei es möglich, mit den Mikroskopen von Ploessl, Chevalier, Amici einen Körper von $1/_{30000}$ Millim. Durchmesser zu sehen. Dieser Beweisführung Harting's muss man unbedingt zustimmen, wenn gleich, wie ich wenigstens glaube, die Grenze des Sehens für das blosse Auge etwas weiter hinauszurücken sein möchte; wenigstens sehe ich nach Messungen, die ich zur Ermittlung dieses Verhältnisses anstellte, schwarze auf weissem Grunde befindliche Punkte von $1/_{15}$ Millim. Durchmesser noch sehr gut mit blossem Auge, Punkte von $1/_{22}$ Millim. Durchmesser noch deutlich, jedoch nur mit einiger Anstrengung, wogegen ich Punkte von $1/_{35}$ Millim. Durchmesser nicht mehr zu sehen vermag.

Eine zweite, sehr häufig angewendete Methode der Messung beruht auf der Anwendung des *Glasmikrometers*, welcher im Grunde nichts anderes, als ein sehr fein getheilter Maassstab von Glas ist.

Ueber die Sicherheit, welche die Anwendung dieses Werkzeuges gewährt, sind die Ansichten sehr verschieden, so hat z. B. Schleiden (Grundzüge der wissensch. Botanik I. 132.) mancherlei Einwendungen gegen dasselbe gemacht, nach welchen, wenn sie gegründet wären, dieses Instrument für ziemlich unbrauchbar erklärt werden müsste, während Vogel (Anleit. zum Gebrauch des Mikroskops) die Messungen mittelst desselben für eben so sicher, als die mittelst des Schraubenmikrometers hält. Hier liegt die Wahrheit in der Mitte.

Schleiden wendet gegen den Glasmikrometer ein, dass die mit dem Diamanten gezogenen Striche nicht gleichförmig, sondern ausgesprungen seien, wesshalb die Abtheilungen von ungleicher Breite werden. Das Aussplittern der Linien findet allerdings häufig statt, besonders wenn der Diamant den Strich mehr einschneidet, als ausschabt, es fehlt aber bei gut ausgefallenen Mikrometern gänzlich, oder ist auf so wenige Stellen beschränkt, dass es in der That als ein kaum zu beachtender Fehler erscheint. Weit wichtiger ist die Einwendung, dass auf die Glasmikrometer, da sie mit einer Schraubentheilmaschine verfertigt werden, alle Unvollkommenheiten der Schraube übergetragen seien, dass man daher bei ihrem Gebrauche nicht blos die Fehler erhalte, welche man in Folge der unvollkommenen Form ihrer Striche begehe, sondern noch dazu die Fehler der Theilungsmaschine. Hieran ist allerdings etwas Wahres, aber so schlimm, wie Schleiden die Sache darstellt, ist sie nicht entfernt. Die Glasmikrometer sind allerdings mittelst einer Mikrometerschraube getheilt, und es ist unbedingt zuzugeben, dass diese Schraube nicht vollkommen gleichförmig sein wird, allein diese Fehler sind höchst unbedeutend, denn die Theilungsmaschine eines guten mechanischen Institutes gehört zu den Werkzeugen, auf deren Verfertigung die grösste Sorgfalt verwendet wird, und wenn man eine solche, mit Solidität gearbeitete Maschine mit einem Schraubenmikrometer, wie er an den Mikroskopen sich befindet, in Parallele stellt, so thut man ihr in der That Unrecht. Hiezu kommt noch, dass die Genauigkeit, mit welcher man mittelst einer Theilungsmaschine theilt, und die Genauigkeit, mit welcher man mittelst des Schraubenmikrometers misst, auch bei beiden Vorrichtungen die gleiche mechanische Vollendung vorausgesetzt, nicht mit einander zu vergleichen sind, indem es unendlich leichter ist, beim Einstellen der Theilungsmaschine der Schraube mittelst ihres getheilten Kreises die richtige Stellung zu geben, als bei der Messung mit dem Schraubenmikrometer den Spinnenfaden genau mit dem einen, und dann mit dem andern Rande des Bildes in Berührung zu bringen. Wir können uns unter diesen Umständen darüber, dass es möglich ist, die Glasmikrometer mit einer für die meisten mit denselben anzustellenden Messungen hinreichenden Genauigkeit zu verfertigen, vollkommen beruhigen, auch hat die Erfahrung diese Möglichkeit längst nachgewiesen, so war z. B. Fraunhofer sicher, dass bei den von ihm getheilten Mikrometern die Zwischenräume zwischen je 2 Linien nicht um $^1/_{100}$ ihrer eigenen Grösse verschieden waren. Ich fand auch bei wiederholten Messungen von Fraunhofer'schen und Ploessl'schen Mikrometern mittelst des Schraubenmikrometers, dass dieselben mit vollkommen ausreichender Genauigkeit verfertigt waren; gleiches Lob kann ich einigen, von mir untersuchten Oberhäuser'schen nicht ertheilen.

Bei der Prüfung eines Glasmikrometers ist es jedoch nicht hinreichend, sich davon zu überzeugen, dass die Linien in gleichen Entfernungen von einander stehen, sondern man muss auch untersuchen, ob die Linien um die vom Mechaniker angegebene Weite von einander abstehen. In dieser Beziehung erlauben sich die Verfertiger gerne kleine Abweichungen, wenn ihre Theilmaschine auf eine bequemere Weise die Theilung nach einer der verlangten nahe stehenden Grösse zugiebt.

Den Besitz brauchbarer Glasmikrometer vorausgesetzt, so giebt es bei Messung mittelst derselben mehrere wesentlich verschiedene Methoden.

Gegen die einfachste derselben, nämlich das Auflegen des zu messenden Gegenstandes auf den Glasmikrometer selbst, sprechen sich die Schriftsteller über das Mikroskop so ziemlich übereinstimmend ungünstig aus, und zwar aus dem Grunde, weil man bei Gegenständen von einiger Dicke den Mikrometer und das Object nicht zu gleicher Zeit scharf sehen könne. Ungeachtet dieses bei grösseren Körpern und Anwendung starker Objective richtig ist, so scheint mir diese Methode doch gar nicht so sehr zu verachten zu sein und in einzelnen Fällen sogar zu den besten zu gehören, nämlich dann, wenn es sich um die Messung sehr kleiner Körper handelt, besonders wenn dieselben in einer Flüssigkeit schwimmen und eine Molecularbewegung zeigen. Wenn in einem solchen Falle die Körper kleiner, als die Abtheilungen des am feinsten getheilten Mikrometers sind, so findet freilich keine eigentliche Messung, sondern eine ungefähre Schätzung des Durchmessers des Körperchen im Verhältniss zur Breite einer Abtheilung des Mikrometers statt, und insofern ist das Resultat ein keineswegs genaues, denn solche Schätzungen sind, wenn es sich um sehr geringe Grössen, z. B. um Bruchtheile eines in 500tel Millimeter getheilten Mikrometers handelt, sehr unsicher, allein es lässt sich doch mit ziemlicher Bestimmtheit finden, dass solche Körper nicht über $^1/_{1000}$ u. s. w. eines Millimeters gross sind, und es lässt sich dieses häufig mit grösserer Sicherheit, als bei Benutzung eines in das Ocular eingelegten Mikrometers thun, indem die Schärfe des mikroskopischen Bildes bei dieser Messungsmethode nicht beeinträchtigt wird.

Gehen wir zu dieser zweiten Benutzungsweise des Glasmikrometers über, so beruht sie darauf, dass in das Ocular ein Glasmikrometer eingelegt wird, bei welchem man vorher den Werth seiner Eintheilung dadurch bestimmte, dass man einen zweiten Glasmikrometer von bekannter Eintheilung durch das Mikroskop betrachtete, und abzählte, wie viele Striche des ersteren Mikrometers zwischen zwei oder mehrere des letzteren fallen. Wenn man nun, während der Mikrometer im Oculare liegt, ein Object durch das Mikroskop betrachtet, so sieht man den durch den Mikrometer gebildeten Maassstab über dem mikroskopischen Bilde, und kann somit leicht die Grösse des Objectes bestimmen. Diese Methode scheint auf den ersten Anblick eine weit grössere Genauigkeit zuzulassen, als man bei der wirklichen Messung mit derselben erreicht. Man erhält nämlich bei der Anwendung von nicht sehr fein getheilten Mikrometern bereits sehr weit gehende Theilungen, wie das oben in der Anmerkung angeführte Beispiel zeigt, in welchem eine Abtheilung eines in 60tel Linien getheilten Mikrometers $^1/_{800}$ Millimeter entsprach. Da man nun gar wohl noch feiner getheilte Mikrometer anwenden kann, so könnte man vermuthen, dass die Messung mittelst dieser Methode eine noch viel weiter gehende Genauigkeit zulasse, allein bei der Ausführung von Messungen findet man allerlei Schwierigkeiten.

Der eine, besonders bei der Messung kleiner Objecte sehr störende Uebelstand ist der, dass durch die Striche des Ocularmikrometers die Schärfe und Deutlichkeit des mikroskopischen Bildes in hohem Grade getrübt wird, und dieses natürlicherweise desto mehr, je feiner der Mikrometer getheilt ist. Aus diesem Grunde sind auch die gitterartig getheilten Mikrometer den leiterförmigen nachzusetzen. Diese Undeutlichkeit des Bildes macht es schwierig zu beurtheilen, ob der Rand des Bildes genau mit einem Mikrometerstriche in Berührung ist oder nicht, welche Unsicherheit noch dadurch vermehrt wird, dass die Diamantstriche auf den ins Ocular einzulegenden Mikrometern, um deutlich gesehen werden zu können, ziemlich stark sein müssen, und desshalb mit einer, ein genaues Einstellen störenden Breite gesehen werden.

Ein zweiter Uebelstand, welcher leicht bei nicht sehr durchsichtigen Objecten eintritt, ist der, dass man die Striche des Mikrometers nur mit Mühe, oder auch gar nicht mehr über dem Bilde des Objectes sieht. Man kann diesem am besten durch Anwendung stärkerer Oculare abhelfen, indem man durch diese die Mikrometerstriche deutlicher sieht, aber freilich mit Vermehrung der Undeutlichkeit des Bildes vom Objecte.

Ein dritter übler Umstand ist der, dass man beinahe immer genöthigt ist, Bruchtheile einer Abtheilung des Mikrometers zu schätzen, da es ein seltener Zufall ist, wenn das Bild eine oder mehrere ganze Abtheilungen des Mikrometers einnimmt. Eine solche Schätzung ist weit unsicherer, als man vermuthen sollte, und man begeht dabei weit grössere Fehler, als man anfänglich für möglich hält. Ich schätzte z. B., um durch eine genaue Messung die Schätzung controliren zu können, die Breite, welche die Striche eines 750 Millimeter angebenden Mikrometers im Verhältnisse zu den Zwischenräumen zu haben schienen, und mass alsdann dieses Verhältniss mit dem Schraubenmikrometer; hiebei erstaunte ich nun nicht wenig, als ich $^1/_7$ erhielt, während ich sie zu $^1/_3$—$^1/_4$ geschätzt hatte, und dennoch hatte ich diese Schätzung unter verhältnissmässig günstigen Umständen vorgenommen, insoferne der Mikrometer, indem er blos durch die Ocularlinse gesehen wird, weit schärfer gesehen wird, als das Bild des Objectes, bei welchem eine fehlerhafte Schätzung noch weit leichter eintritt.

Ungeachtet aller dieser Uebelstände lassen sich durch diese Messungsmethode sehr brauchbare Resultate erhalten, wenn man nicht eine sehr weit gehende Genauigkeit verlangt, und die zu messenden Gegenstände nicht eine zu geringe Grösse besitzen. Wendet man z. B. bei Messungen von Gegenständen, welche mehrere 100tel Linien im Durchmesser haben, wie von Pollenkörnern, grösseren Pflanzenzellen u. s. w., einen Mikrometer an, dessen Abtheilungen $^1/_{100}$tel Linie entsprechen, so kann man mit hinreichender Sicherheit noch $^1/_{500}{}'''$ schätzen; wendet man bei kleineren Gegenständen feiner getheilte Mikrometer an, so kann man bis auf $^1/_{1000}{}'''$, selbst auf $^1/_{2000}{}'''$ direct messen, und zur Noth, aber doch nur bei sehr günstigen Objecten und mit grosser Unsicherheit, etwa noch die Hälfte dieser Grösse schätzen.

Der Umstand, dass die Striche des im Ocular liegenden Mikrometers nur undeutlich oder gar nicht gesehen werden können, wenn das Object dunkel ist, gab wohl Veranlassung zur Erfindung des sogenannten Oculaire à vis de rappel (Spizenmikrometer), d. h. zur Anbringung von zwei Nadeln in der Blendung des Oculars, welche einander diametral gegenüber stehen, und durch Schrauben bis zur Berührung ihrer Spitzen einander genähert werden können. Um den Durchmesser eines Gegenstandes zu messen, schraubt man die

Spitzen so weit ins Ocular vor, dass sie die entgegengesetzten Seiten des Bildes berühren, legt nun statt des Objectes einen Glasmikrometer unter das Mikroskop, und zählt die zwischen den Spitzen liegenden Abtheilungen desselben. Diese Methode gewährt den entschiedenen Vortheil vor der Anwendung eines in das Ocular eingelegten Mikrometers, dass das Bild des Objectes vollkommen klar bleibt, und dass man die dunkeln Nadeln sehr scharf auch über einem minder durchsichtigen Objecte sieht, daher einen einzelnen Theil desselben leichter, als mit dem Glasmikrometer messen kann, auf der andern Seite macht es aber grosse Schwierigkeiten, die Nadelspitzen genau auf den Rand des Objectes einzustellen, wenn dieselben nicht sehr spitzig zugeschliffen sind, indem wegen einer an der Nadel stattfindenden Beugung des Lichtes der Rand des Bildes vor derselben zurückweicht. Dieser Umstand, und ebenso die beim Ablesen des Mikrometers eintretende Unsicherheit veranlasst eine Unsicherheit von ungefähr $^1/_{1000}$ bis $^1/_{500}$ Millimeter, man kann daher diese Messungsmethode kaum mehr anwenden, wenn das Object kleiner, als $^1/_{200}$ bis $^1/_{300}$ Millimeter ist, wesshalb diese Methode bei Messung kleiner Körper unbedingt die schlechteste ist; dagegen ist sie bei Gegenständen von grösserem Durchmesser bequem und hinreichend sicher.

Eine weitere Methode der Messung mittelst des Glasmikrometers beruht darauf, dass mit Hülfe des Sömmerring'schen Spiegels oder einer analogen Vorrichtung von dem durch das Mikroskop betrachteten Gegenstande eine Zeichnung entworfen, und alsdann nach derselben Vergrösserung das Bild eines Glasmikrometers auf die Zeichnung übertragen wird. Dass auf diese Weise mit grosser Leichtigkeit ebensowohl die Vergrösserung des Mikroskops, als die Grösse des Objectes bestimmt wird, ist klar. Was jedoch die Genauigkeit der Messung betrifft, so ist dieser Methode zwar auf der einen Seite der Vortheil vor der Anwendung des im Oculare liegenden Mikrometers und des Spitzenoculares zuzuschreiben, dass man, wenn der Durchmesser des Objectes keine ganze Abtheilung des Mikrometers beträgt, den Bruchtheil auf der Zeichnung mittelst des Cirkels messen kann und nicht genöthigt ist, ihn blos zu schätzen, auf der andern Seite leidet sie aber an der Unbequemlichkeit, dass das durch den Sömmerring'schen Spiegel gesehene Bild, weil dasselbe auf einem halb beleuchteten Papiere aufgefangen wird, nicht mit derselben Deutlichkeit, wie bei directer Betrachtung durch das Mikroskop gesehen wird. Dieser Umstand ist, besonders bei Anwendung starker Vergrösserungen, einem genauen Nachzeichnen des Bildes hinderlich. Nimmt man noch hinzu, dass man beim Zeichnen selbst kleine Fehler begeht, so muss man den Werth dieser Methode niedriger anschlagen, als man wohl anfänglich zu thun geneigt ist, auch zeigt sich bei Anwendung derselben, dass die Fehler, welche man begeht, bis auf $^1/_{1000}$''' steigen können; grössere Fehler lassen sich dagegen leicht vermeiden. Im Ganzen genommen mag diese Methode in Hinsicht auf Genauigkeit mit der Anwendung im Oculare liegender Mikrometer übereinstimmen.

Eine weit grössere Genauigkeit lässt die Methode zu, wenn man das im Sömmerring'schen Spiegel sich zeigende Bild nicht auf Papier auffängt und nachzeichnet, sondern auf einen beliebigen Maassstab mit kleinen Abtheilungen (wozu man ganz gut eine Thermometerscale benutzen kann) auffallen lässt, nachdem man vorher den Werth der Abtheilungen des Maassstabes dadurch bestimmte, dass man das Bild eines Glasmikrometers auf demselben auffing. Man sieht die Striche des Maassstabes sehr scharf in dem mi-

kroskopischen Bilde, es lässt daher diese Methode eine sehr genaue Messung zu. Wenn ich z. B. die PLÖSSL-schen Objective 4—6 anwende, so entsprechen 4 Abtheilungen des von mir gebrauchten Maassstabes $^1/_{100}$ Millimeter, die Striche geben daher unmittelbar $^1/_{400}$ Millimeter an. Da sich nun mit hinreichender Sicherheit $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$ einer Abtheilung des Maassstabes schätzen, oder mit dem Cirkel messen lässt, so geht diese Messung mit hinreichender Sicherheit bis auf $^1/_{2000}$ Millimeter. Durch Anwendung stärkerer Oculare, als ich bei meinem Spiegelapparate benutze, liesse sich ohne Zweifel die Genauigkeit der Messung bei günstigen Objecten noch um ein Beträchtliches steigern *).

Auf demselben Principe, das vergrösserte Bild auf einer Fläche aufzufangen, und mittelst eines Maassstabes zu messen, beruht das Verfahren von HARTING (Bullet. d. scienc. phys. en Néerlande. 1839. 361.), welcher das durch ein Sonnenmikroskop erzeugte Bild auf einer matten Glastafel auffängt, und seine Dimensionen mit dem Cirkel abmisst. HARTING versichert (Tijdschrift voor natuurl. Gesch. 1840. 169.), dass er zum mindesten auf $^1/_{5000}$ Millimeter sicher sei.

Gehen wir zum *Schraubenmikrometer* über, welcher in Deutschland die übrigen Mikrometer beinahe zu verdrängen anfängt, so wird diesem wohl so ziemlich allgemein der Vorzug der grösseren Genauigkeit zuerkannt, dagegen wurden auch gegen ihn manche Einwendungen erhoben. Einige von diesen betreffen jedoch nicht das Wesentliche der Sache, z. B. der Vorwurf, dass derselbe ein kostspieliges, schwer zu handhabendes und leicht zu verderbendes Instrument sei; diese Verhältnisse können nicht in Betracht kommen, wenn die Leistungen des Schraubenmikrometers durch keinen andern Mikrometer zu erreichen sind, und das Bedürfniss einer grösseren Genauigkeit, als die übrigen Mikrometer zulassen, vorhanden ist.

Von weit grösserem Gewichte ist dagegen die Einwendung, dass bei der Unmöglichkeit, eine vollkommen richtige Schraube zu schneiden, die Messungen mittelst des Schraubenmikrometers ebenfalls nicht vollkommen richtig seien. Das sind sie allerdings nicht, so wenig als irgend eine Messung in der Welt, allein der Grund der Fehler, welche man bei der Messung mittelst des Schraubenmikrometers begeht, liegt grösstentheils in ganz andern Umständen, als in der Unvollkommenheit der Mikrometerschraube. Bei einem gut gearbeiteten Schraubenmikrometer zeigen die Messungen desselben Objectes mit verschiedenen Theilen der Schraube keine grösseren Abweichungen von einander, als wiederholte Messungen mit demselben Theile der Schraube, es ist ferner der wahrscheinliche Fehler der Messung, man mag einen grösseren oder kleineren Körper mittelst dieses Instrumentes messen, wenigstens für denselben Beobachter, ungefähr von gleicher

*) Prof. HARTING macht in Beziehung auf diese Messungsmethode, bei welcher er die Grösse des Bildes mittelst eines Cirkels mass, die sehr richtige Bemerkung, dass diese Methode ein desto genaueres Resultat gebe, je kleiner das zu messende Object und je stärker die angewendete Vergrösserung sei. Er fand z. B. bei wiederholten bei einer 550maligen Vergrösserung angestellten Messungen einer 0,1 Millim. langen Strecke eines Glasmikrometers, dass die stärkste Abweichung zwischen den Messungen etwas kleiner als $^1/_{1500}$ Millimeter war; hatte das Object einen Durchmesser von nur 0,01 Millim., so sank die Abweichung auf $^1/_{3000}$ Millim. Mit der Grösse des Objectes und der dadurch nöthig werdenden Anwendung schwacher Vergrösserungen nehme dagegen der Fehler zu, so dass er bei einem Objecte von 1 Millimeter Durchmesser und bei 100maliger Vergrösserung auf $^1/_{300}$ Millimeter steige.

Grösse, zum deutlichen Beweise, dass die Fehler, welche man begeht, nicht sowohl in Ungleichförmigkeit der Schraube, sondern vielmehr in der Unmöglichkeit eines vollständig scharfen Einstellens begründet sind *).

Die Messung mittelst des gewöhnlichen (Fraunhofer'schen) Schraubenmikrometers geschieht bekanntlich auf die Weise, dass mittelst der Mikrometerschraube das Object unter dem feststehenden Körper des Mikroskopes um seine eigene Breite verschoben wird, durch welche Bewegung das Bild des Objectes in entgegengesetzter Richtung durch das Ocular geführt wird, und dass man den Anfang und das Ende dieser Verschiebung durch die Berührung eines im Ocular ausgespannten Spinnenfadens, oder besser eines zarten, auf Glas gezogenen Diamantstriches mit dem einen, und später mit dem andern Rande des Bildes bestimmt, worauf die zur Verschiebung nothwendig gewesene Drehung der Schraube am Index des Instrumentes und der getheilten Trommel der Schraube abgelesen wird. Die Genauigkeit der Messung richtet sich daher nach der Genauigkeit, mit welcher die Einstellung des Spinnenfadens auf die Ränder des Bildes bewerkstelligt wird. Es vereinigen sich nun mehrere Umstände, um die Ausführung dieser Operation in voller Schärfe unmöglich zu machen.

Erstens tritt am Rande des Bildes, wenn man denselben mit dem Faden in Berührung bringen will, eine Beugung des Lichtes und in Folge derselben eine Abplattung des Randes ein, welche ein vollkommen scharfes Aneinanderlegen des Bildes und des Fadens unmöglich macht. Diesem Uebelstande könnte man zwar dadurch begegnen, dass man im Oculare zwei parallele, in kleiner Entfernung von einander gezogene Diamantstriche anbringen, und auf die Mitte ihres Zwischenraumes einstellen würde, allein auch dadurch wäre in den meisten Fällen ein scharfes Einstellen noch nicht gesichert. Die Anwendung von Diamantstrichen führt nämlich überhaupt den Uebelstand mit sich, dass dieselben, wenn das Bild eines nicht sehr durchsichtigen Objectes unter ihnen durchgeführt wird, nur sehr schwierig zu sehen sind, und häufig, wenigstens momentan, ganz unsichtbar werden. Ich fand es daher zweckmässiger (wenn nicht kleine Kügelchen gemessen werden sollen, welche allerdings besser mittelst eines Fadens gemessen werden), in das Ocular einen Ring einzulegen, in welchem sich in der Richtung eines Radius eine fein zugeschliffene Nadel befindet, deren Spitze bis in den Mittelpunkt des Ringes reicht, und auf die Spitze der Nadel einzustellen. Es erleichtert dieses das Einstellen bedeutend, indem die Nadel auch über einem dunkeln Objecte sehr scharf gesehen wird, und es weit leichter ist, die Nadelspitze mit dem Rande des Bildes in Berührung zu bringen, als dieses bei Anwendung eines Fadens der Fall ist.

Eine zweite Ursache der fehlerhaften Einstellung liegt darin, dass man mit aller Vorsicht doch häufig nicht vermeiden kann, die Schraube etwas weiter vorzuschrauben, als man beabsichtigte, oder zu frühe mit der Drehung derselben aufzuhören. Hat man über den Berührungspunkt der Bilder vorgeschraubt, so lässt sich der Fehler durch Zurückschrauben nicht wieder verbessern, indem der immer vorhandene todte Gang der Schraube das Resultat der Messung nothwendig falsch machen würde. Diese in der Unsicherheit der

*) Diese Bemerkung findet natürlicherweise nur ihre Anwendung auf Instrumente, wie sie aus den Fraunhofer'schen, Plössl'schen und ähnlichen mechanischen Instituten hervorgehen; es sind mir allerdings schon ganz schlechte Instrumente dieser Art unter die Augen gekommen.

Hand begründete Ungenauigkeit des Einstellens liesse sich zwar leicht entfernen, wenn am Mikrometer auf analoge Weise, wie an den Kreisen der astronomischen Instrumente, eine Vorrichtung angebracht würde, um den letzten Theil der Drehung mittelst einer Schraube vorzunehmen. Es ist aber wohl nicht der Mühe werth, das Instrument auf diese Weise complicirter und in seiner Anwendung zeitraubender zu machen, indem es offenbar kürzer ist, wenn man beim Einstellen einen bedeutenden Fehler beging, die Beobachtung zu verwerfen und eine neue zu machen.

Ein weiterer Umstand, durch welchen kleine Fehler verursacht werden können, liegt darin, dass die gewöhnlichen, säulenförmigen Mikroskopstative keinen so soliden Bau besitzen, dass nicht durch einen auch nur schwachen Seitendruck, welchen man bei der Drehung der Mikrometerschraube unwillkührlich ausüben kann, in Folge der Elasticität des Statives und des ganzen Messapparates der letztere um eine, wenn auch geringe Grösse gegen den Mikroskopkörper verschoben werden kann. In dieser, wie in manchen andern Beziehungen wäre es zweckmässig, dem Stative den soliden Bau zu geben, wie ihn das Stativ der grossen Oberhäuser'schen Mikroskope besitzt.

Bei diesen mannigfachen Ursachen von Fehlern ist es sehr erklärlich, dass die verschiedenen Messungen desselben Körpers nicht unbeträchtliche Abweichungen zeigen. Ich habe, um die Fehler kennen zu lernen, welche ich mit meinem Mikrometer begehe, eine Reihe von Messungen angestellt, bei welchen ich, um unwandelbare Objecte zu haben, meistens Glasmikrometer als Object verwendete. Das Resultat war insoferne kein sehr befriedigendes, als im Allgemeinen bei wiederholten Messungen desselben Objectes, wenn gleich immer ein Theil derselben vollkommen das gleiche Resultat gab, dennoch immer ein anderer Theil Abweichungen von 1, 2, 3, und in einzelnen Fällen selbst von 5 — 6 Tausendtheilen eines Schraubenumganges zeigte. Die grösseren Abweichungen rührten freilich von sichtbar falschem Einstellen her, kamen aber doch immer wieder von Zeit zu Zeit vor; die kleineren waren nicht zu vermeiden. Da bei meinem Mikrometer der Schraubenumgang etwas weniger als $^1/_6$ Linie beträgt, so entsprachen die grösseren Abweichungen beinahe $^1/_{1000}$‴ *).

Da die Fehler der einzelnen Messungen leicht durch Vervielfältigung der Beobachtungen und Ableitung des Mittels aus denselben auf weit unbedeutendere reducirt werden können, so schien es mir der Mühe werth zu sein, durch Vergleichung der Messungen verschiedener Objecte und Berechnung des wahrscheinlichen Fehlers des aus denselben abgeleiteten Mittels zu untersuchen, wie gross die Genauigkeit ist, welche durch eine mässige Anzahl von Beobachtungen zu erreichen ist, indem auf der einen Seite der Naturhistoriker wünschen muss, bis auf einen gewissen Grad bei seinen Messungen sicher zu sein, auf der andern Seite dagegen es für ihn in den meisten Fällen Verschwendung von Zeit und Mühe wäre, durch eine sehr grosse Zahl von Messungen den höchst möglichen Grad von Genauigkeit zu erreichen.

*) Eine weit grössere Genauigkeit erreichte Harding bei seinen Probemessungen mittelst eines Dollond'schen Schraubenmikrometers. Bei zwanzig mittelst desselben vorgenommenen Messungen eines Glasmikrometers betrug die grösste Abweichung nicht einmal $^1/_{6000}$ Millim., was eine eben so vortreffliche mechanische Ausführung des Messinstrumentes, als geschickten Gebrauch desselben beweist.

Aus diesen Beobachtungen ging hervor, dass der wahrscheinliche Fehler des mittleren Resultates aus je 10 Messungen eine ziemlich constante, von der absoluten Grösse des Gegenstandes unabhängige Grösse war. Die gemessenen Gegenstände hatten einen Durchmesser von $^1/_5$ bis zu $^1/_{3460}$'''; der wahrscheinliche Fehler *) des Mittels von je zehen Messungen betrug $^1/_{35100}$''' bis zu $^1/_{71530}$''', im Mittel $^1/_{47183}$'''. Es ist einleuchtend, dass der wahrscheinliche Fehler, wenn es sich von der Beurtheilung der Genauigkeit einer Messung handelt, nicht nur in Beziehung auf seine absolute Grösse betrachtet werden muss, sondern dass derselbe, wenn er wie im vorliegenden Falle bei den verschiedenen Messungen eine ziemlich constante Grösse zeigt, je nach den Dimensionen des gemessenen Körpers eine sehr verschiedene Bedeutung erhält, indem derselbe einem immer grösseren Bruchtheile des Durchmessers des Körpers gleichkommt, je kleiner dieser ist. Es wird dieses aus den folgenden Messungen, welche nach der Grösse der Objecte geordnet sind und bei welchen der wahrscheinliche Fehler in Bruchtheilen des Durchmessers der Objecte angegeben ist, am deutlichsten erhellen.

a) Durchmesser des Objectes = $^1/_5$''' (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler = $^1/_{11700}$.

b) $^1/_{10}$ Millimeter (Glasmikrometer). Wahrsch.. Fehler = $^1/_{1700}$.

c) $^1/_{20}$ Millimeter (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler = $^1/_{768}$.

d) $^1/_{50}$''' (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler = $^1/_{1079}$.

e) $^1/_{176}$''' (in Glas geätzte Linie). Wahrsch. Fehler = $^1/_{214}$.

f) $^1/_{568}$''' (Diamantstrich auf Glas). Wahrsch. Fehler = $^1/_{90}$.

g) $^1/_{1706}$''' (Faser in der Wurzelrinde einer Orchidee). Wahrsch. Fehler = $^1/_{23}$.

h) $^1/_{3460}$''' (ähnliche Faser). Wahrsch. Fehler = $^1/_{20}$.

Fragt man, ob Messungen, bei welchen der wahrscheinliche Fehler die angegebene Grösse besitzt, eine für naturhistorische Zwecke ausreichende Genauigkeit besitzen, so lässt sich in dieser Beziehung kaum eine allgemein gültige Antwort geben. Für alle Körper von grösseren Dimensionen, bei welchen also der wahrscheinliche Fehler der Messung nur einem verhältnissmässig kleinen Theile ihres Durchmessers gleichkommt, lässt sich jene Frage unbedingt bejahen. Die Gegenstände der mikroskopischen Untersuchung sind beinahe ausschliesslich organische Gebilde, deren Dimensionen so bedeutenden Schwankungen unterworfen sind, dass im Verhältnisse zu diesen der wahrscheinliche Fehler der Messung verschwindend klein ist; man kann daher nicht nur die Grösse des einzelnen Exemplares, sondern auch die Grenzen, innerhalb welcher

*) Den hier mitgetheilten Berechnungen des wahrscheinlichen Fehlers liegt eine andere Reihe von Probemessungen zu Grunde, als die im ersten Abdrucke dieses Aufsatzes benützte, da mir spätere Messungen gezeigt hatten, dass ich eine grössere Genauigkeit, als bei meinen früheren Probemessungen erreichen könne. Unter den 80 einzelnen Messungen, denen die acht im Texte angeführten Gegenstände unterworfen wurden, wichen 67 um weniger als $^1/_{1000}$ eines Umganges der Mikrometerschraube (d. h. bei meinem Mikrometer um weniger als $^1/_{6225}$''') von dem aus je 10 Messungen gezogenen Mittel ab, 13 zeigten dagegen eine über diese Grösse steigende Abweichung, bei keiner dagegen erreichte dieselbe $^2/_{1000}$ eines Schraubenumganges.

die Grösse verschiedener Exemplare schwankt, hinreichend genau bestimmen. Es wird z. B. Jeder unbedingt zugeben, dass es, wenn der Durchmesser einer Zelle zu $^1/_5'''$ gefunden wird, vollkommen gleichgültig ist, ob derselbe wirklich genau diese Grösse besitzt, oder ob er um $^1/_{11700}$ grösser oder kleiner ist, ebenso ist es nicht von der mindesten Bedeutung, ob die Grösse eines Pollenkorns, eines Pflanzengefässes von $^1/_{50}'''$ Durchmesser auf $^1/_{1079}$ richtig gefunden wird oder nicht. In solchen Fällen ist überhaupt schon die Genauigkeit, mit welcher mittelst des Schraubenmikrometers gemessen wird, ein unnöthiger Luxus und jedenfalls kann man sich bei solchen grösseren Gegenständen die Mühe, mehrfache Messungen zu machen und aus ihnen das Mittel zu ziehen, ersparen. Das leztere wird nun freilich bei Gegenständen, deren Durchmesser auf Hundertel und Tausendtel einer Linie sinkt, nicht mehr der Fall sein, dagegen mag auch für diese Fälle eine Genauigkeit, wie sie die obigen Probemessungen zeigen, wenigstens in der Mehrzahl der Fälle vollkommen ausreichend sein, wenigstens wüsste ich keinen Fall anzuführen, in welchem sie als ungenügend erschiene. Es ist jedoch wohl denkbar, dass Untersuchungen zu machen wären, bei welchen eine Messung, die mit einem wahrscheinlichen Fehler von $^1/_{20}$ behaftet wäre, durchaus ungenügend wäre, in diesem Falle müssten wir uns nach genaueren Messungsmethoden umsehen und ohne Zweifel würden Vorrichtungen, durch welche das mikroskopische Bild in zwei über einander verschiebbare Bilder getrennt werden könnte, so wie Verbesserungen des Schraubenmikrometers die geeigneten Mittel hiezu gewähren *).

Die hauptsächlichste Schwierigkeit, eine grössere Genauigkeit bei den Messungen mittelst des Schraubenmikrometers zu erreichen, liegt übrigens nicht, wie man vermuthen könnte, in der mechanischen Unvollkommenheit dieses Instrumentes. Mikrometerschrauben können genau genug verfertigt werden, um zu weit genaueren Messungen, als man bis jetzt mittelst des Schraubenmikrometers ausführt, vollkommen tauglich zu sein; man müsste, um den Mikrometer zu solchen tauglich zu machen, auf der Trommel seiner Schraube eine grössere Anzahl von Theilstrichen anbringen und sich nicht auf einen einzigen Nonius beschränken, sondern wie bei den Kreisen der astronomischen Instrumente zwei einander gegenüberstehende Nonien anbringen, um die Fehler zu vermeiden, die aus einer fehlerhaften Centrirung der Trommel hervorgehen. Das Hinderniss, welches es wenigstens für jetzt unmöglich macht auf Hunderttausendtel einer

*) Auf eine, dem im Vorhergehenden ausgesprochenen Grundsatze, dass in demselben Verhältnisse, in welchem der Durchmesser des Körpers abnimmt, die Genauigkeit der Messung zunehmen muss, wenn man in wissenschaftlicher Beziehung gleich verlässige Resultate erhalten will, ganz entgegengesetzte Weise spricht sich J. Vogel (Anleit. zum Gebrauche d. Mikrosk. p. 88.) aus, indem er sagt, es können bei Gegenständen, welche unter $^1/_{100}'''$ gross seien, kleine Verschiedenheiten der Messung unbedenklich vernachlässigt werden, z. B. eine Messung, welche in Theilen des Wiener oder des englischen Zolles gemacht sei, ohne Schaden als in Theilen des pariser Zolles ausgedrückt angenommen werden, während dieses bei grösseren Gegenständen nicht angehe, z. B. es nicht gleichgültig sei, ob man den Durchmesser eines Körpers zu $^3/_7$ oder $^1/_2'''$ angebe. Ich sehe den Grund hievon nicht ein. Der englische Zoll ist nahezu um $^1/_{15}$ kleiner, als der Pariser; $^3/_7$ ist von $^1/_2$ um $^1/_{14}$ verschieden, man macht also, wenn man Theile des englischen Zolls für gleichbedeutend mit den entsprechenden Theilen des pariser Zolls annimmt, nahezu denselben Fehler, wie den von Vogel gerügten, und es ist nicht einzusehen, warum man wissentlich bei kleinen Körpern einen Fehler begehen soll, den man bei grösseren für unzulässig hält.

Linie genau zu messen, liegt in der Unvollkommenheit unserer gegenwärtigen Mikroskope. Ohne auf die nicht leicht zu entscheidende Frage, welches die Grenze des mikroskopischen Sehens sei, einzugehen, glaube ich den Beweis dafür, dass die Grenze der Genauigkeit, welche bei Messungen mittelst des Schraubenmikrometers erhalten wird, hauptsächlich in der Unvollkommenheit des optischen und nicht des mechanischen Theiles des Messapparates begründet ist, in Folgendem liefern zu können.

Da bei der gewöhnlichen Anwendung des Schraubenmikrometers alle Fehler, die bei der Messung sei es in Folge fehlerhafter Einstellung, sei es in Folge der mechanischen Unvollkommenheit des Instrumentes begangen werden, in ihrer vollen Grösse im Resultate der Messung erscheinen, so kam ich auf den Gedanken durch den Schraubenmikrometer nicht unmittelbar den Durchmesser des Objectes, sondern den Durchmesser seines in der Blendung des Oculares liegenden Bildes zu messen, um in demselben Verhältnisse, in welchem dieses Bild grösser als das Object ist, jene bei der Messung begangenen Fehler zu verkleinern. Ich liess mir zu diesem Zwecke ein sehr festes Stativ verfertigen, an welchem der Mikrometer oberhalb der Mikroskopröhre auf eine sehr solide Weise befestigt und durch denselben das Ocular über dem durch die Objectivlinsen entworfenen Bilde verschoben werden konnte. Bei dieser Lage des Mikrometers entsprach eine Windung seiner Schraube ungefähr $^1/_{300}$''' (0''',00314). Da eine Windung dieser Schraube 0''',1607 beträgt, so hätte sich bei Messungen mittelst des angegebenen Apparates eine nahezu 51mahl grössere Genauigkeit erreichen lassen, als bei der gewöhnlichen Anwendung desselben Mikrometers, vorausgesetzt, dass das Mikroskop hinreichend vergrössert hätte, um noch Einstellungen des Mikrometers, die bis auf $^1/_{1000}$ einer Schraubenwindung übereinstimmen würden, zu gestatten. Die mittelst dieses Apparates ausgeführten Messungen waren dagegen weit entfernt, eine solche, $^1/_{300000}$''' erreichende Uebereinstimmung der einzelnen Messungen und den Grad von Genauigkeit zu zeigen, welcher in Folge der Construction des Instrumentes möglich gewesen wäre. Der wahrscheinliche Fehler des Mittels von je 10 Messungen schwankte zwischen $^1/_{40500}$''' und $^1/_{81690}$''' und betrug im Mittel $^1/_{60243}$''', er verhielt sich also, wenn wir die mittleren Resultate vergleichen, zum wahrscheinlichen Fehler, den ich bei der gewöhnlichen Anwendungsweise desselben Mikrometers erhielt, wie 2 zu 3. Einige Probemessungen gaben folgendes Resultat:

a) $^1/_{10}$ Millimeter (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler = $^1/_{1760}$.

b) $^1/_{20}$ Millimeter (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler = $^1/_{1790}$.

c) $^1/_{50}$''' (Glasmikrometer). Wahrsch. Fehler = $^1/_{1630}$.

d) $^1/_{221}$''' (in Glas geätzte Linie). Wahr. Fehler = $^1/_{242}$.

e) $^1/_{685}$''' (Diamantstrich auf Glas). W. F. = $^1/_{82}$.

f) $^1/_{1441}$''' (Diamantstrich auf Glas). W. F. = $^1/_{36}$.

Wenn dieses Resultat den Erwartungen, die ich von dieser Messungsmethode hegen konnte, nicht entfernt entsprach, so konnte der Grund hievon nicht in mechanischen Unvollkommenheiten des Apparates liegen, denn das Stativ besass eine solche Festigkeit, dass ich gegen Biegungen desselben, welche einen irgend bemerkbaren Fehler hätten veranlassen können, gesichert war, es kann also der Grund davon, dass die Messungen nicht um vieles genauer, als bei der gewöhnlichen Anwendungsart des Schraubenmikrometers

ausfielen, nur darin liegen, dass die Grenze der Genauigkeit, die der leztere als Messapparat zulässt, sich der Grenze des mikroskopischen Sehens bereits bedeutend nähert, wesshalb eine einseitige Steigerung der Genauigkeit des Messapparates ohne gleichzeitige Steigerung der Leistungen des Mikroskopes ohne erheblichen Nutzen bleiben muss. Für jetzt sehe ich daher keinen Vortheil dabei, den hier beschriebenen Mikrometer an die Stelle des gewöhnlichen Schraubenmikrometers zu setzen, im Gegentheile er steht dem letzteren in Hinsicht auf Bequemlichkeit und den zur Messung nöthigen Zeitaufwand nach, indem zur Messung auch nur mässig grosser Körper schon viele Umdrehungen der Schraube nöthig sind; besitzen wir dagegen einmahl bessere Mikroskope, dann zweifle ich nicht, dass dieser Apparat für die Messung sehr kleiner Körper treffliche Dienste leisten wird.

Eine analoge, jedoch mehr mit dem astronomischen Schraubenmikrometer übereinstimmende Einrichtung wird im Mikroskopical Journal 1841 p. 12. beschrieben.

Um mittelst des Schraubenmikrometers eine Grössenbestimmung vornehmen zu können, ist natürlicherweise die Kenntniss von der Grösse eines Schraubenumganges nothwendig; ohne eine genaue Kenntniss dieser Grösse wären zwar wohl die mittelst desselben Instrumentes vorgenommenen Messungen unter einander vergleichbar, aber nicht in einem bekannten Maasse auszudrücken. Directe Messung der Schraube mittelst des Cirkels liefert kein hinreichend genaues Resultat, ebenso fand ich die Anweisung von Littrow (Gehler's phys. Wört. VI. 2184.), die Mikrometerschraube als mikroskopisches Object zu benutzen, und mittelst eines andern Mikrometers zu messen, gänzlich unpractisch, indem der Rand der Schraubenwindungen nicht so scharf ist, um eine ganz genaue Messung zuzulassen. Am besten wird offenbar die Grösse eines Schraubenumganges dadurch gefunden, dass man einen Körper von bestimmter Grösse wiederholt mittelst des Schraubenmikrometers misst. Hierbei einen Glasmikrometer als Object zu verwenden, ist wohl das bequemste, wenn man darüber sicher ist, dass der Glasmikrometer ganz genau nach dem Maasse gearbeitet ist, welches ihm zu Grunde liegen soll. Wenn der Schraubenmikrometer eine solche Einrichtung hat, dass man einen ziemlich langen Theil seiner Schraube zur Messung benützen kann, so kann man auch einige Abtheilungen eines metallenen, etwa in Centimeter getheilten Massstabes zur Bestimmung der Grösse einer Schraubenwindung benützen und wird dabei den Vortheil haben, dass bei dieser Grösse des Objectes schon durch eine kleine Reihe von Messungen der wahrscheinliche Fehler auf eine sehr unbedeutende relative Grösse herabgebracht wird.

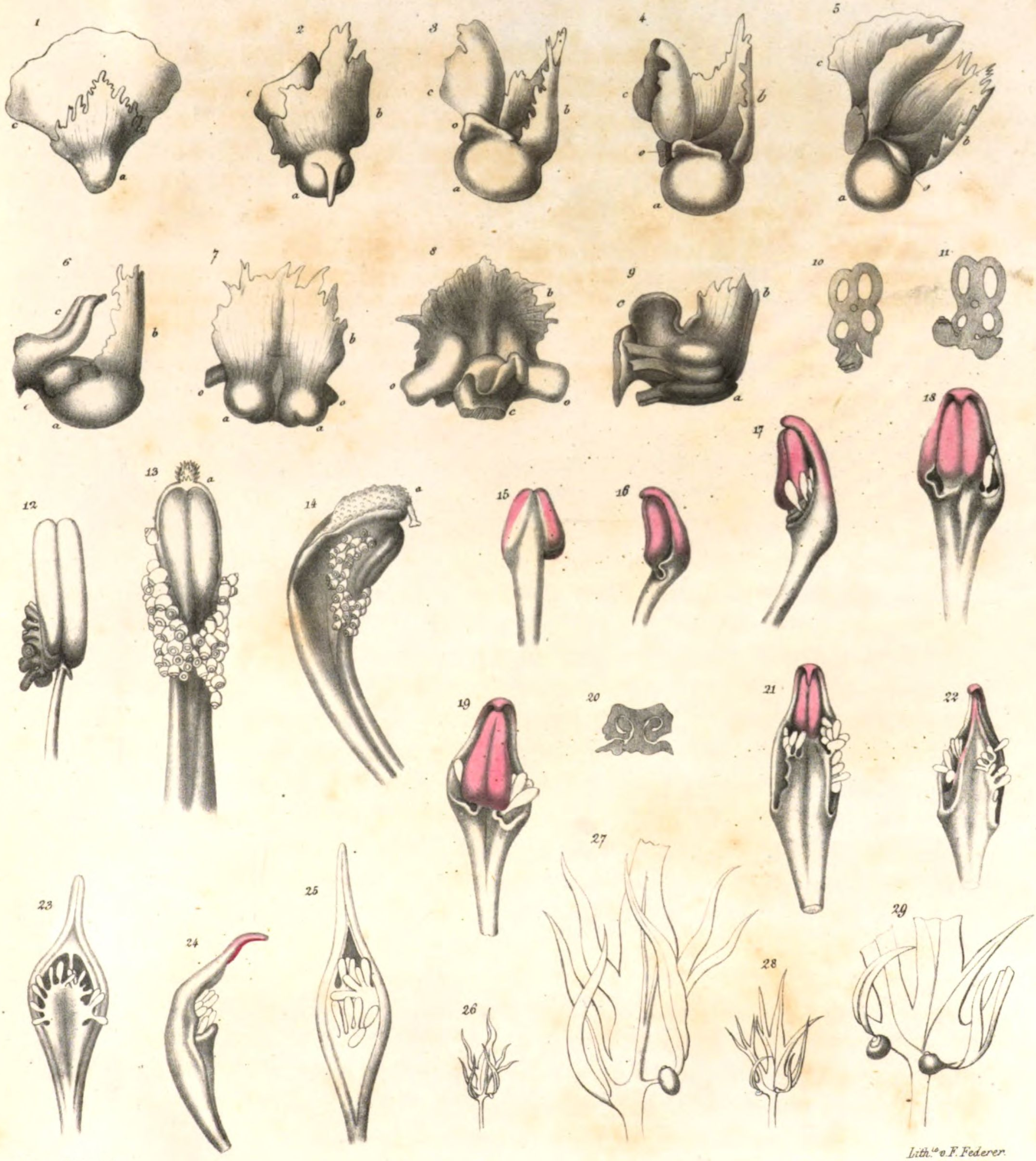
Schliesslich erlaube ich mir noch einen Punkt zu berühren, welcher schon von mehreren Seiten vergeblich in Anregung gebracht wurde. Es ist sehr gewöhnlich, dass die mikroskopischen Beobachter, welche sich des Schraubenmikrometers bedienen, das Resultat ihrer Beobachtungen in Form eines Decimalbruches publiciren. Dieses ist ein wahrer Unfug, welcher den Leser auf eine ganz unnöthige Weise belästigt. Ein Ausdruck wie 0,003867″ giebt gar keine klare Vorstellung von der Grösse des beobachteten Objectes, und ist für Jemand, der nicht Mnemotechniker von Handwerk ist, nicht zu behalten, es ist daher der Leser genöthigt, wenn er sich eine anschauliche Vorstellung bilden will, den Decimalbruch in einen gewöhnlichen Bruch zu verwandeln, was zwar während des Lesens annäherungsweise durch Kopfrechnung vorgenommen

werden kann, aber doch höchst lästig ist. Diese Mühe sollte billigerweise der Verfasser einer Abhandlung seinen Lesern ersparen; er kann ja immerhin, wenn sich der Decimalbruch nicht genau in einen gewöhnlichen Bruch, welcher 1 zum Zähler hat, verwandeln lässt, den am meisten der zu bezeichnenden Grösse sich annähernden Bruch wählen, und den die Grösse genauer bezeichnenden Decimalbruch in einer Klammer beisetzen *).

*) Gegen diese Verwandlung des Decimalbruches in einen gewöhnlichen Bruch spricht sich Harding entschieden aus, allein er fühlte doch selbst, dass die Decimalbrüche wenig geeignet sind, um in Kürze eine deutliche Vorstellung von der Grösse, die man andeuten will, zu geben. Er ergriff daher das Auskunftsmittel, dass er 0,001 Millimeter (wofür er das Zeichen m m m, d. h. Mikro - millimeter vorschlug) als Einheit gebrauchte. Dieses ist allerdings, wenn es sich um geringe Grössen handelt, sehr bequem, macht aber in vielen Fällen den Gebrauch sehr grosser Zahlen nöthig, da auf die par. Linie 2255 solcher Einheiten gehen.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS.

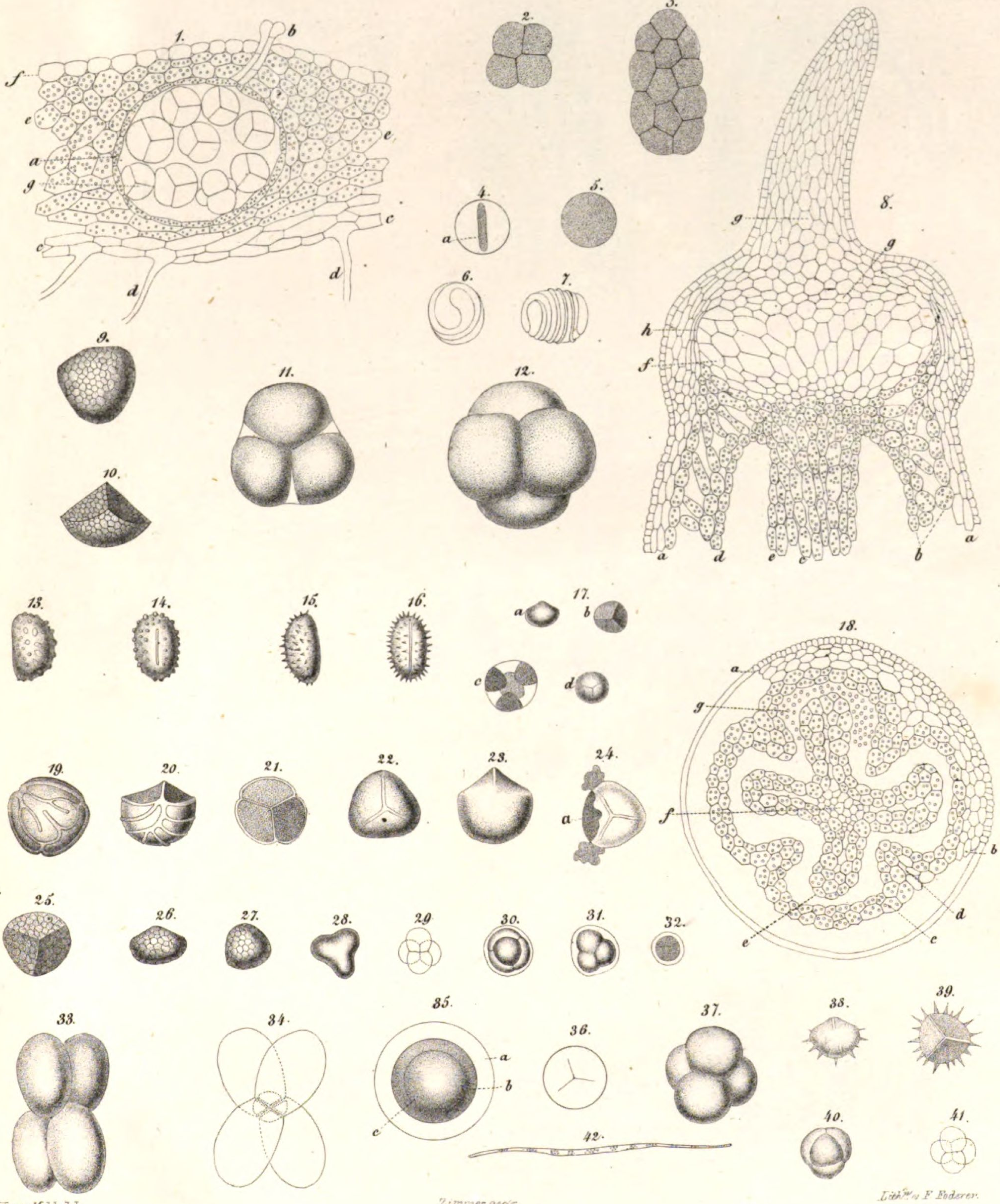
Tab. I.



Hugo Mohl del.

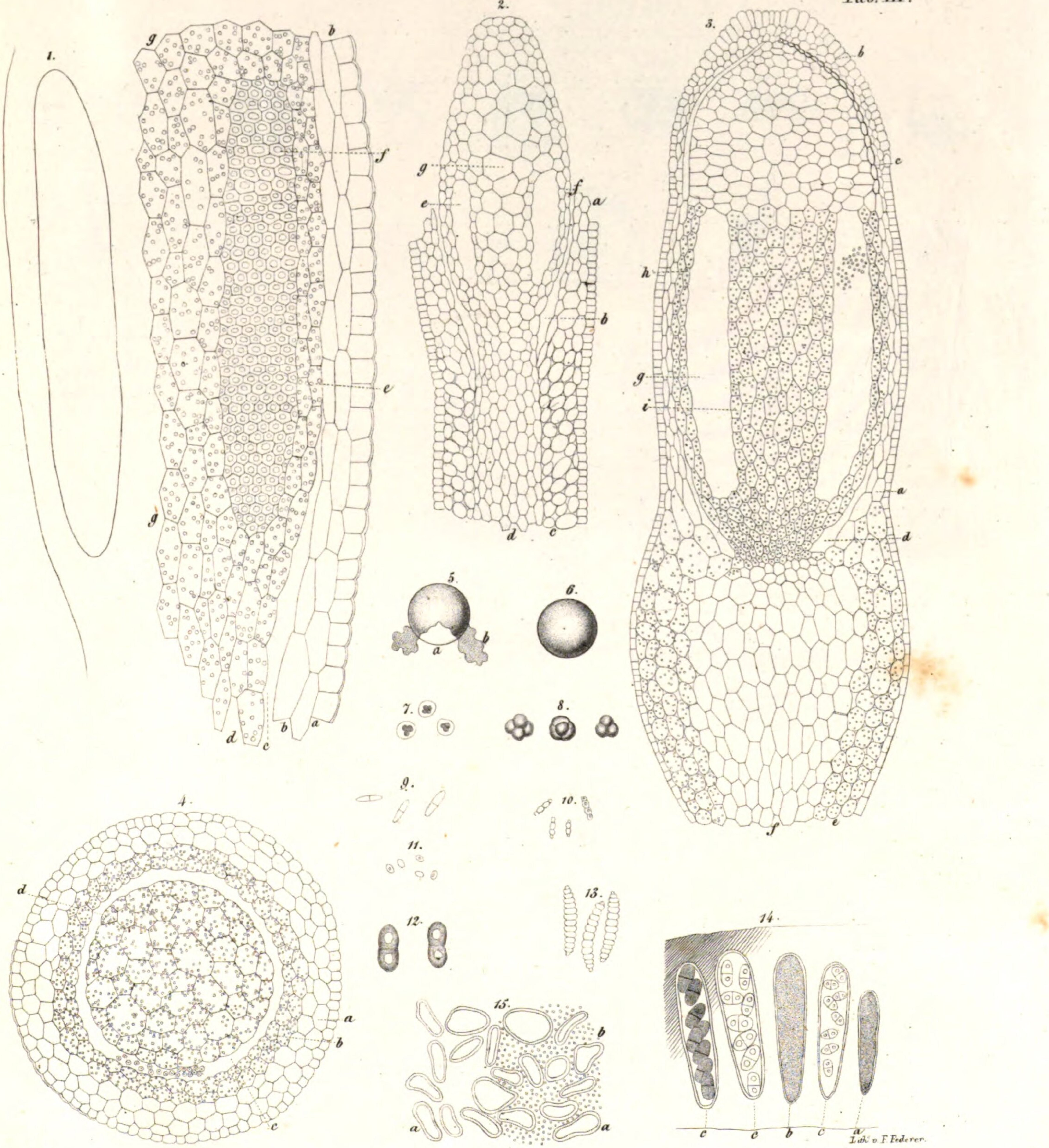
Lith.ie v. F. Federer.

Tab II.



Hugo Mohl del. Zimmer gedr. Lith. v. F. Federer.

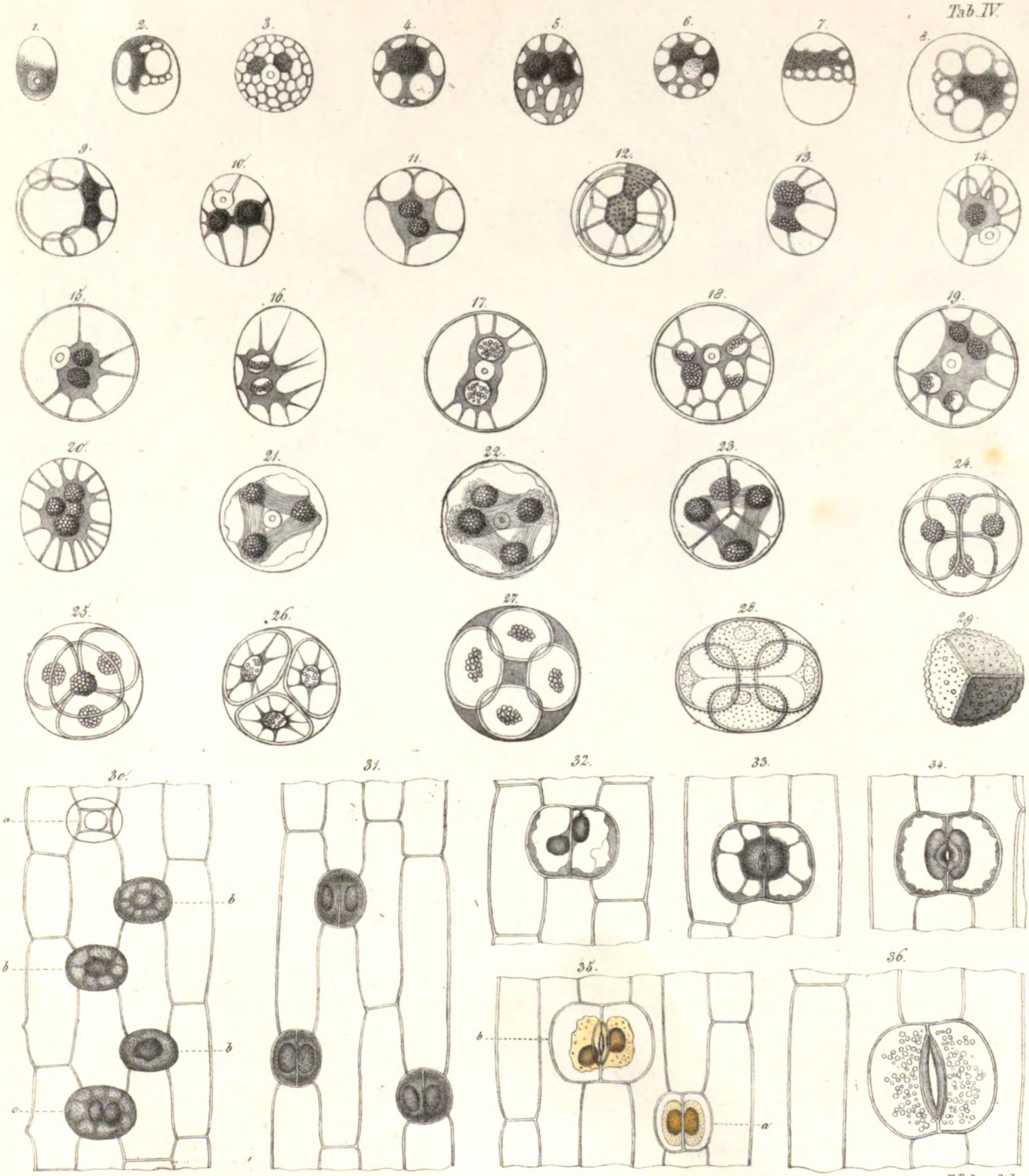
Tab. III.



Hugo Mohl del.

Zimmer gedr.

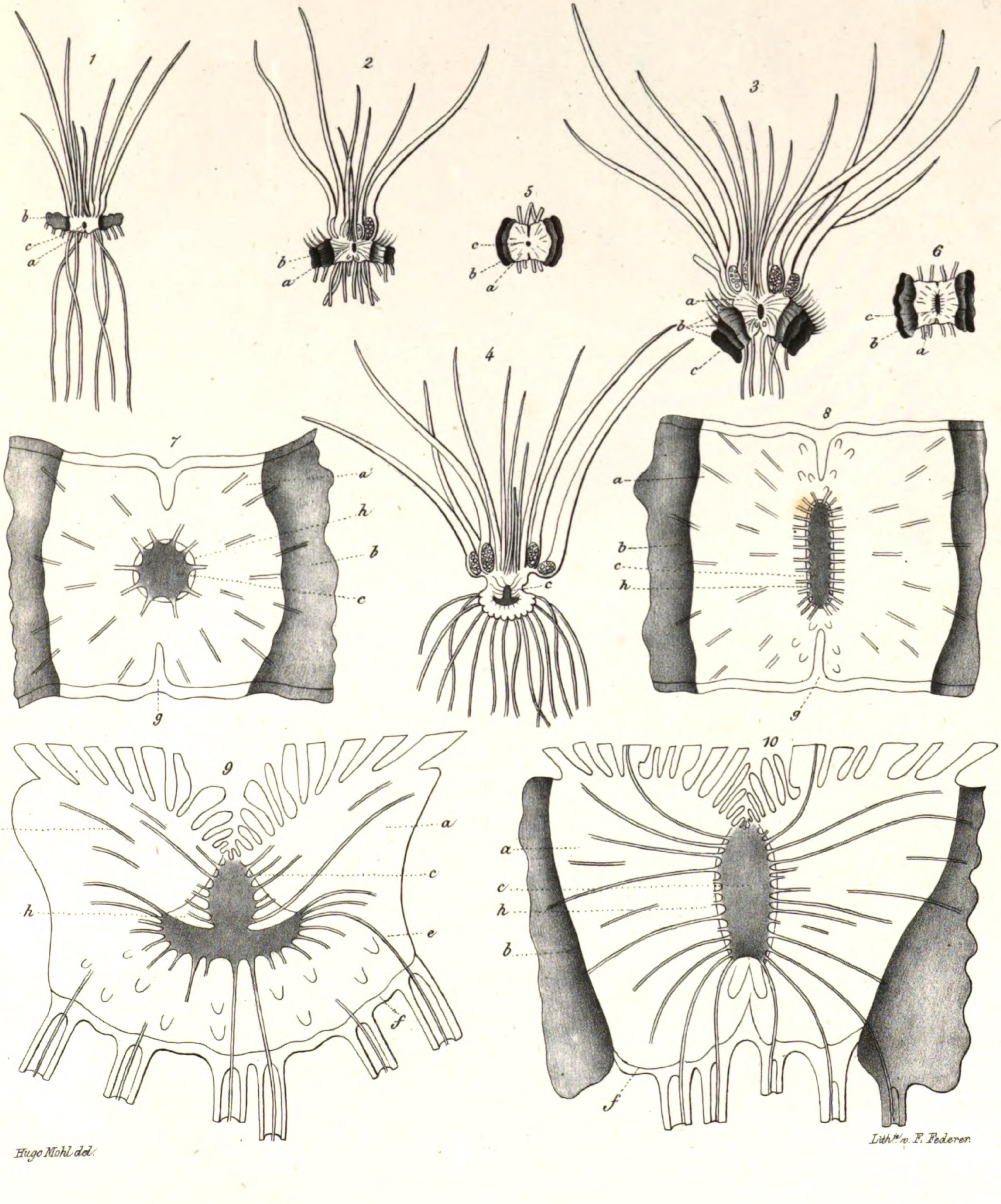
Tab. IV.



Hugo Mohl del.

F. Federer lith.

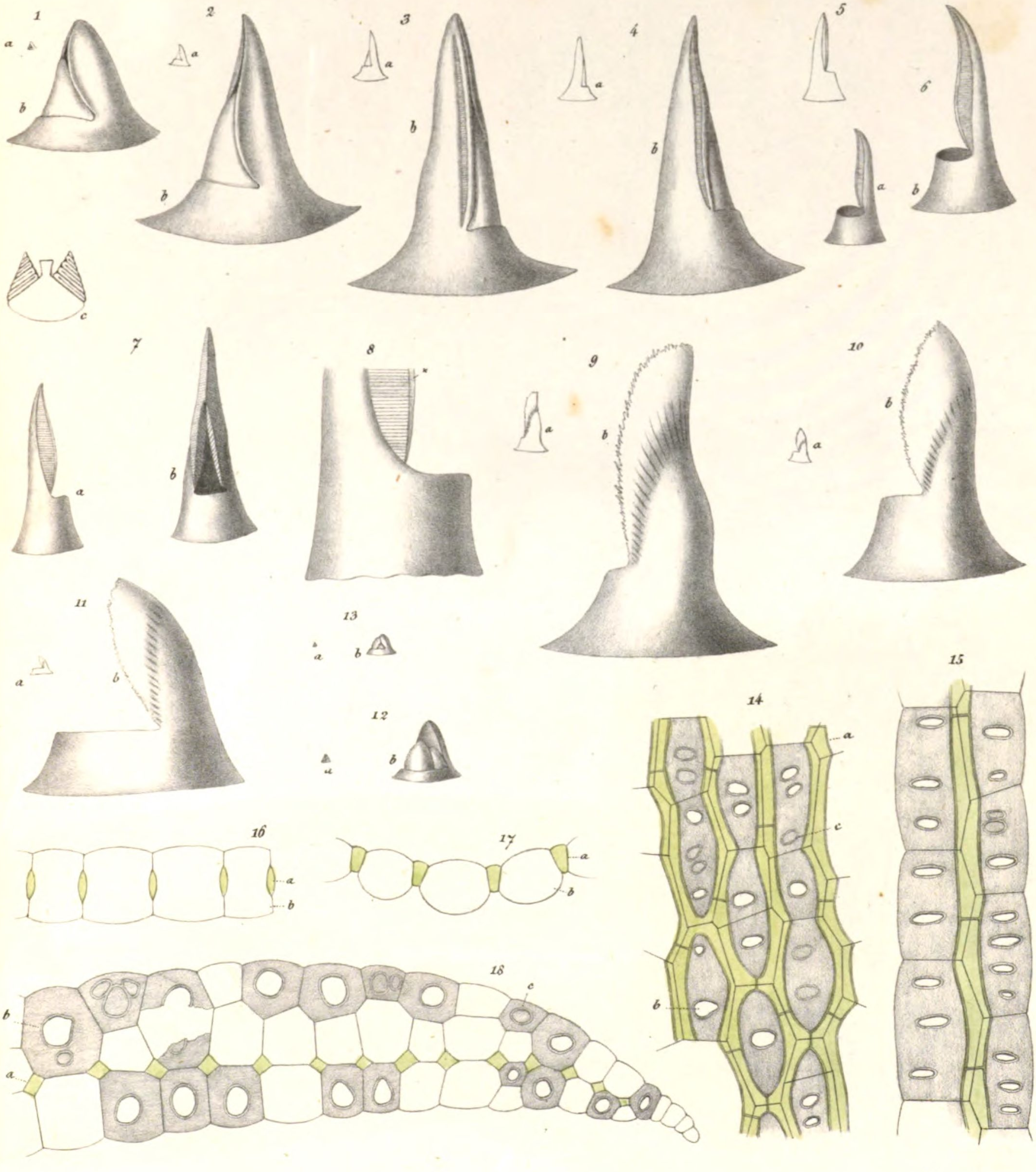
Tab. V.



Hugo Mohl del.

Lith.[ie] v. F. Federer.

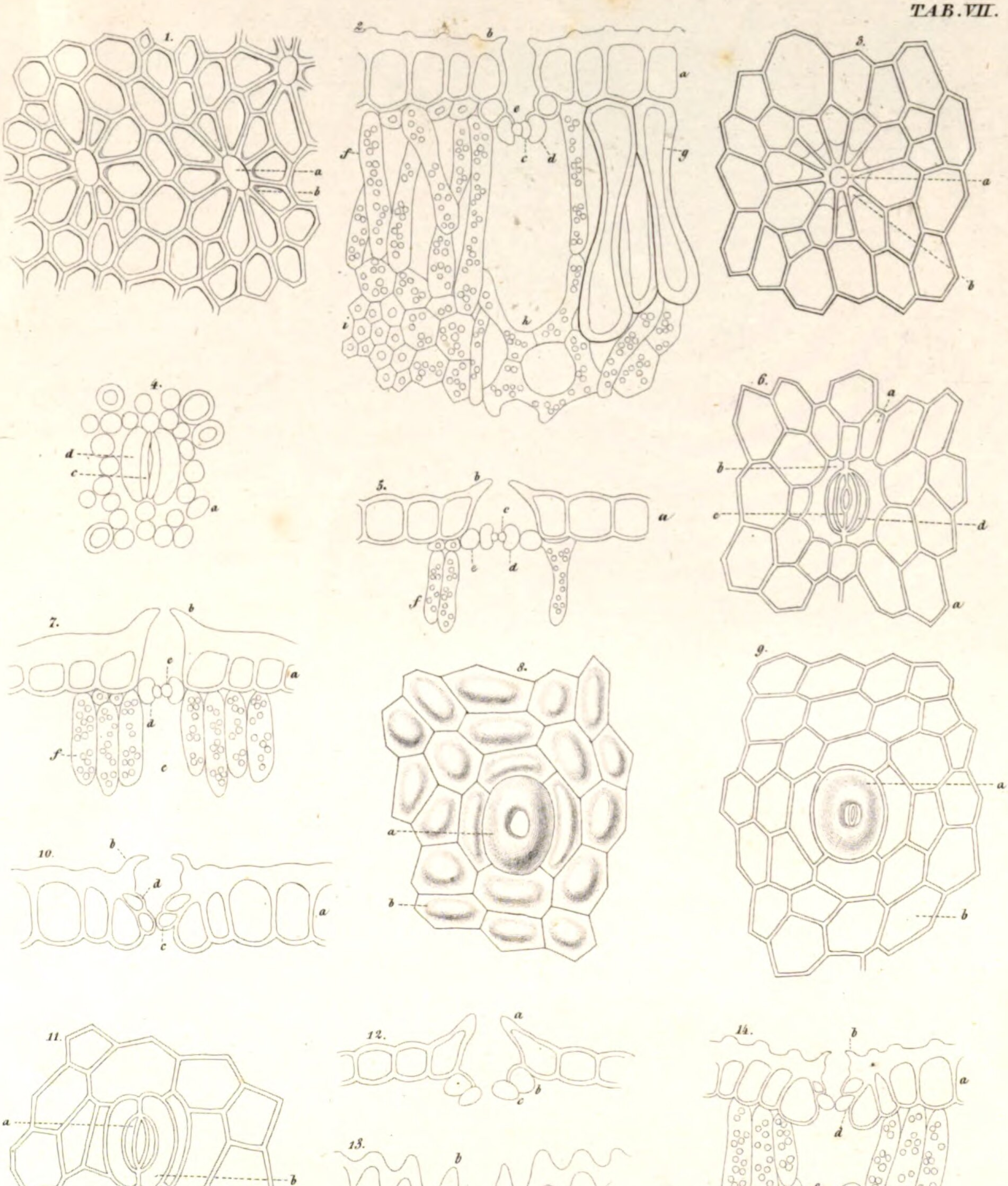
Tab. VI.



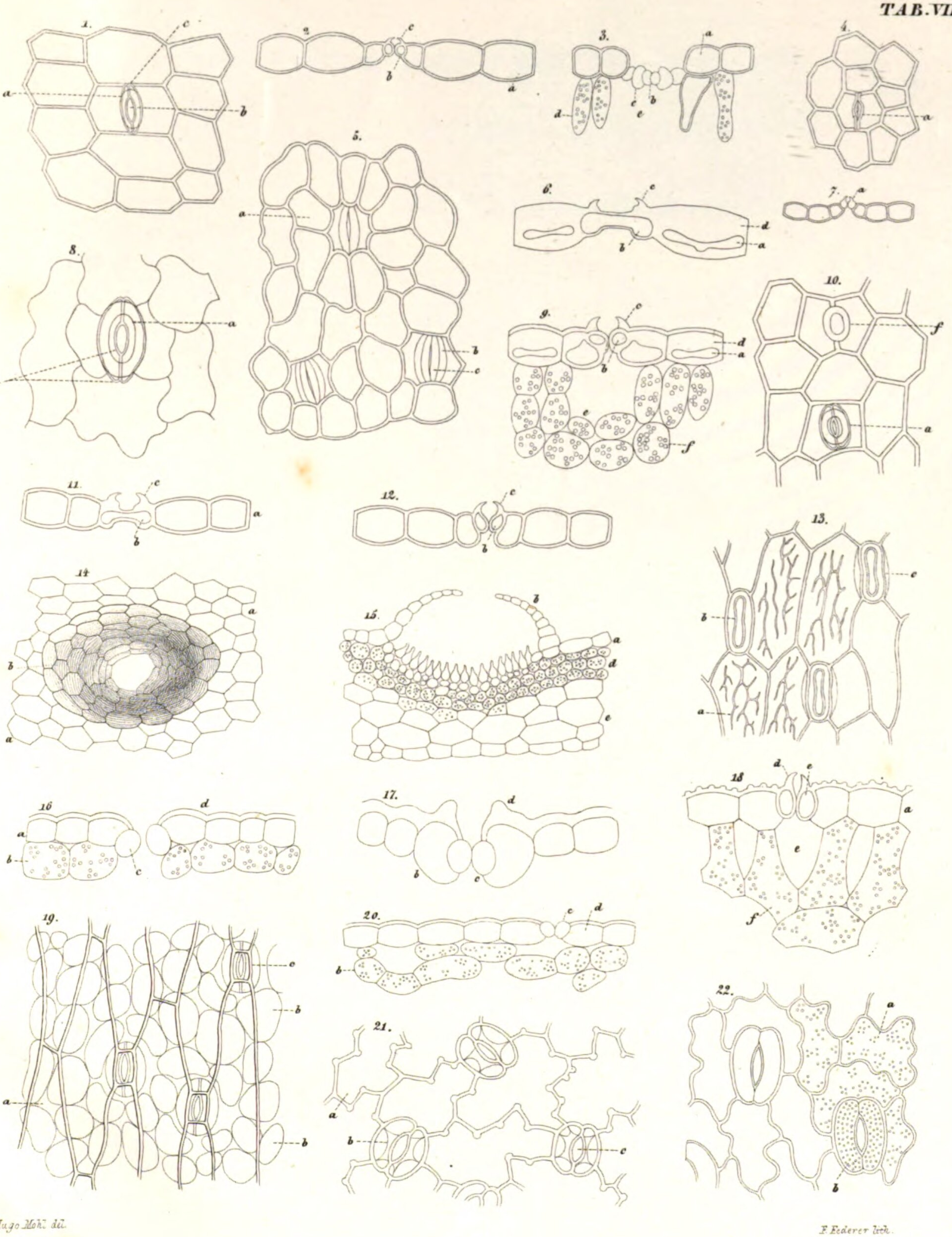
Hugo Mohl del.

Lith.ie von F. Federer.

TAB. VII.



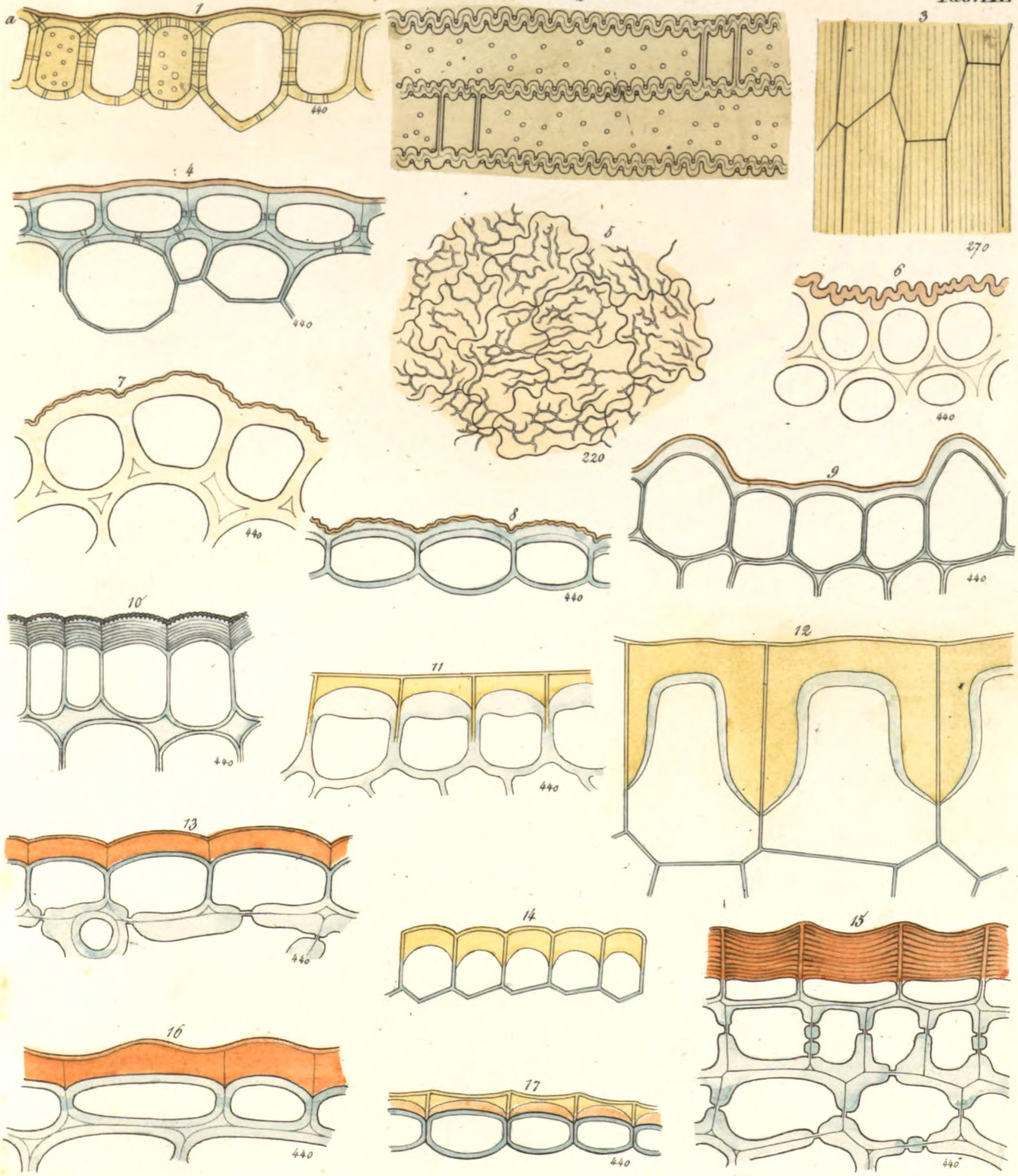
TAB. VIII



Hugo Mohl del.

F. Federer lith.

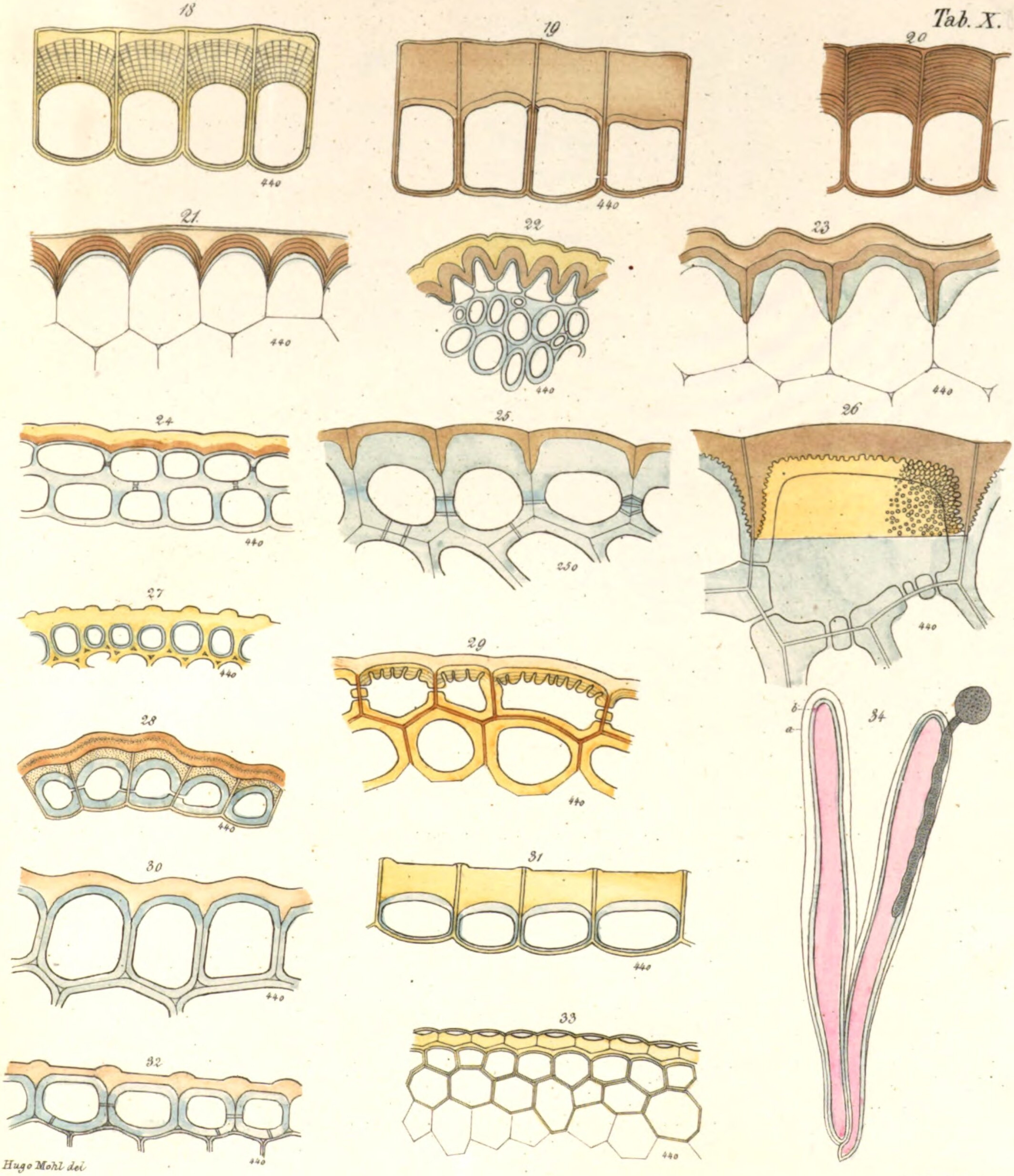
Tab. IX.



Hugo Mohl del.

F. Federer lith.

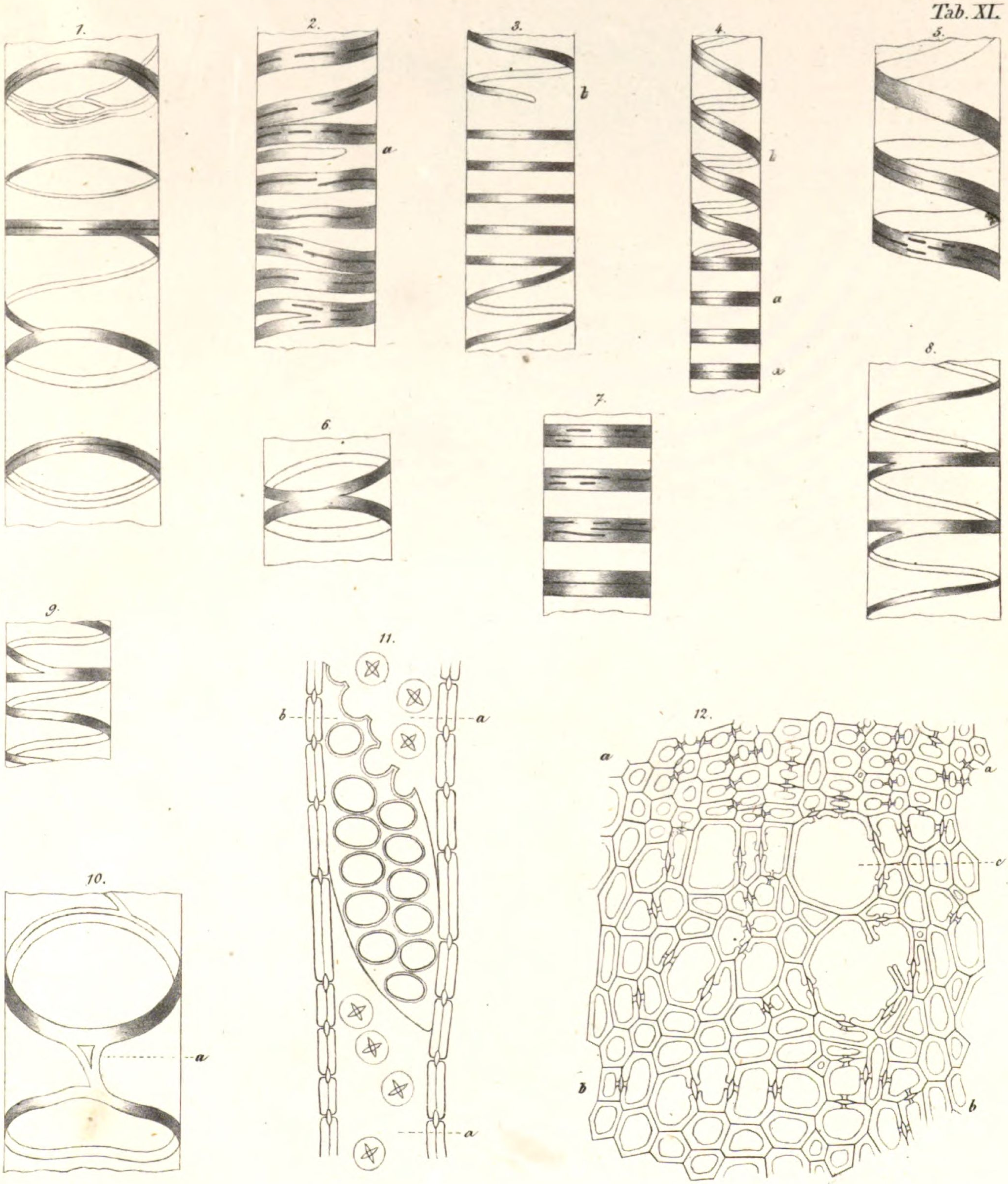
Tab. X.



Hugo Mohl del.

Lith. v. F. Federer.

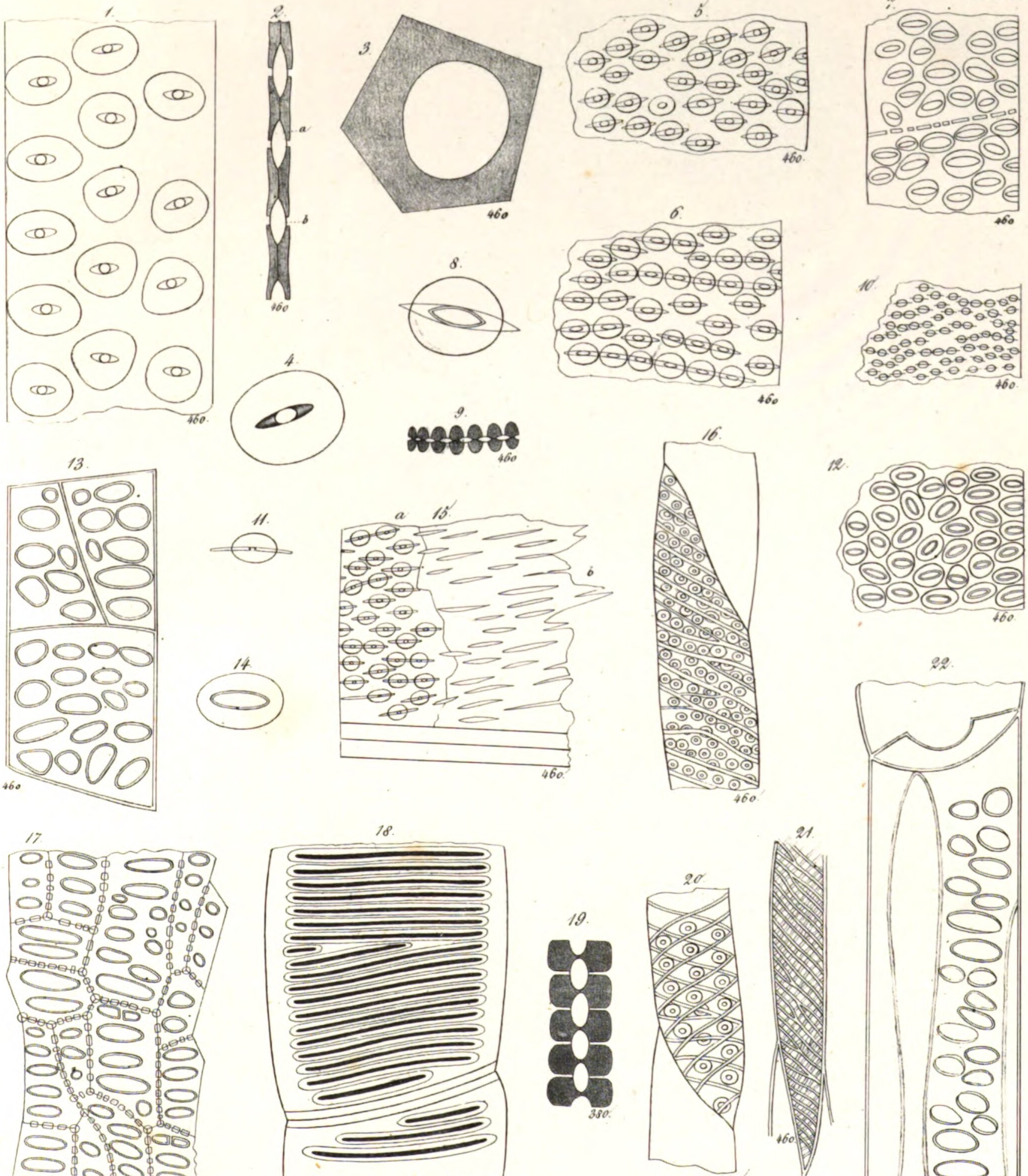
Tab. XI.



Hugo Mohl del.

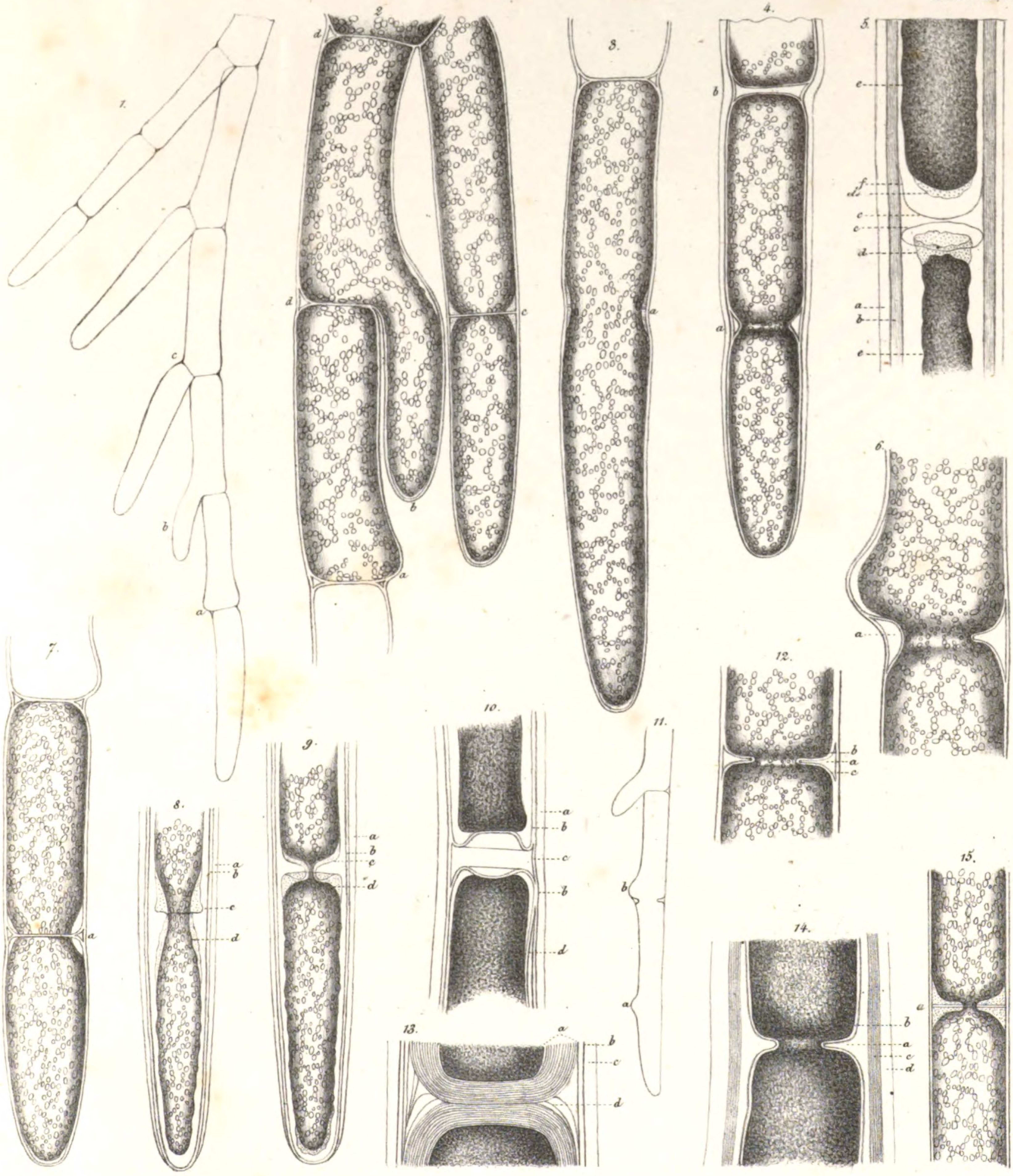
Lith. v. F. Federer.

Tab. XII. 283



Hugo Mohl del.

Lith.ᵃ von F. Federer.



Hugo Mohl del.

Lith. v. F. Federer.

13 Bogen

Werne

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Mohl, Hugo <<von>>,

Vermischte Schriften botanischen Inhalts mit 13 lithographirten Tafeln

Tübingen 1845 [ersch.] 1846

4 Phyt. 215 n

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10229865-2